

А. С. УКЛОНСКИЙ

МИНЕРАЛОГИЯ



1 9 4 9
ГОСГОСТЕХИЗДАТ

549
УНЧ

А. С. УКЛОНСКИЙ
Доктор геолого-минералогических наук

МИНЕРАЛОГИЯ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
д-ра геол.-минер. наук Д. И. Щербакова

Утверждается Всесоюзным Комитетом
по делам высшей школы при СНК СССР
в качестве учебного пособия
для геолого-разведочных специальностей

~~2472~~
2459
6542

БИБЛИОТЕКА
Геологического ЦИТА
Арте-Фонд, Институт СССР



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НЕФТЯНОЙ И ГОРНО-ТОПЛИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1940 Ленинград



АННОТАЦИЯ

Минералогия профессора А. С. Уклонского состоит из двух частей: общей и описательной. В первой излагаются общие сведения о физических свойствах, химическом составе, генезисе и парагенезисе минералов, о методиках их исследования, приводится краткий очерк истории минералогии. Во второй части, построенной на основе предлагаемой автором оригинальной систематики минералов по химическим элементам, даются описания минералов. Описательная часть составлена в виде единообразных таблиц, удобных для пользования.

Книга предназначается в первую очередь как пособие для студентов геологических специальностей вузов и втузов. Принятая в настоящей книге классификация, сводя воедино все минералы определенного химического элемента, должна также помочь производственникам легче ориентироваться в рудах разнообразных полезных ископаемых.

Ведущ. редактор *Маркус М. Г.*

Технич. редактор *Мобель Б. П.*

Прот. Т. К. К.

Заказ № 221

Индекс ГТР-45-5-2

Сдано в набор 9/II 1940 г.

Подписано к печати 3/IV 1940 г.

Тираж 8000 экз.

Формат бумаги 60×92 $\frac{1}{16}$

Объем { 31,5 уч. авт. л.

Изд. № 16

{ 27 $\frac{3}{4}$ печ. л. + 4 вклейки

Учетный № 1183

Уполн. Главлита № А-27385

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со всех концов нашей необъятной родины то и дело идут вести о новых находках самых разнообразных полезных ископаемых. Для быстро растущей промышленности СССР уже недостаточно того десятка химических элементов, которыми умели пользоваться наука и техника дореволюционной эпохи. Огромные успехи научного знания и коренное переустройство промышленности вовлекают теперь в хозяйственный обиход, за немногими исключениями, почти все известные химические элементы, всю периодическую систему Менделеева. Необычайно возросла потребность в редких и рассеянных элементах. Производственники усердно ищут кобальтовые, никелевые, вольфрамовые, молибденовые, тантало-ниобиевые руды; соединения бора, бериллия, титана, циркония, цезия, лития; минералы, содержащие ванадий, кадмий, индий, германий, галлий, таллий, редкие земли и радиоактивные вещества.

Вот почему сейчас так нужны знания минералогии — науки о минералах, являющихся исходным сырьем для получения разнообразных химических элементов.

Однако в обычных учебниках по минералогии не всегда легко найти интересующие практического работника данные о минералах, содержащих те или иные химические элементы.

Минералы, в состав которых входит тот или иной из названных элементов, часто не заключают в своем названии и формуле указаний на их присутствие. Многие из технически интересных химических элементов не образуют самостоятельных минералов, а захватываются другими минералами, построенными в существенной части из других элементов.

Многие минералы — носители редких, а иногда даже хорошо известных элементов — не всегда получают достаточно яркую характеристику в распространенных минералогических учебниках, классифицирующих минералы по типу химического соединения и отчасти по внешней форме. Относительная роль минералов в промышленности и технике при этом не выступает сама собою и многие хозяйственно важные минералы остаются в тени. Практическому работнику нужно рыться по всему учебнику, выбирая разбросанные по различным классификационным группам описания соединений того или иного элемента.

Некоторым минералам авторы иногда совсем не уделяют внимания; так, например, в ряде руководств не упоминается станнин (оловянный колчедан), сподумен (силикат лития), эвдиалит (сложный цирконосиликат), ловчоррит (титаносиликат калиция и редких земель) и т. п.; другие минералы, интересные сами по себе как химические соединения, например брандизит (из группы хрупких слюд), для промышленности пока не имеют значения.

Учитывая все это и желая оказать помощь учащимся, которые готовятся к геолого-поисковой работе, автор в предлагаемой книге попытался построить классификацию и характеристику минералов по экономическому значению входящих в их состав химических элементов.

Составление такого руководства связано с большими трудностями. Естественно, что настоящая книга, как и предшествующие аналогичные попытки других авторов, не будет свободна от многих недостатков. Автор надеется, однако, что его работа будет полезна широким массам учащейся молодежи, так как она стремится приблизить научное знание к хозяйственным потребностям нашей страны. Встречая с признательностью всякую серьезную критику, автор постарается использовать ее указания в следующих изданиях книги.

Настоящее руководство автор предназначает для студентов второго курса геолого-разведочных специальностей вузов и для студентов геологической специальности вузов.

Автор надеется в дальнейшем написать в этом же разрезе руководство по описательной минералогии для студентов старших курсов.

При составлении данного учебника были использованы указанные в конце книги основные руководства, а также обширный материал специальной периодической литературы.

Физико-химические данные взяты из таблиц физических величин. Радиусы атомов и ионов и кларки — из „Геохимии“ акад. А. Е. Ферсмана. В написании химических формул автор следовал акад. В. И. Вернадскому или А. Н. Винчеллу.

Очень длинные порою списки минералов отдельных элементов приводятся не затем, чтобы учащийся заучивал их к экзамену, но для того, чтобы он мог ориентироваться в типах природных соединений данного элемента, когда это понадобится ему в его практической работе.

Автор считает приятным долгом выразить благодарность Комитету по делам высшей школы, поддержавшему эту попытку составления руководства с производственным уклоном, своим учителям — академикам В. И. Вернадскому и А. Е. Ферсману за их советы и поощрения в этом начинании, а также дирекции Среднеазиатского индустриального института и Среднеазиатского государственного университета за оказанную помощь в работе.

ВВЕДЕНИЕ

Минералогией называется одна из геологических наук, изучающая составные части горных пород — минералы. Понятие о минерале в последнее время сильно усложнилось. Однако мы будем достаточно близки к истине, если в качестве первого определения станем считать минералами однородные, химически индивидуализированные тела — по преимуществу твердые и кристаллические, но также коллоидальные, жидкие или газообразные, входящие в состав земной коры как продукты протекающих в ней геохимических процессов.

Эти процессы, как будет показано ниже, в высшей степени разнообразны. Они совершаются в различных, то медленно, то резко меняющихся физико-химических условиях (температуры, давления, концентрации вещества), в разнообразной геологической и геохимической обстановке. Совокупность особенностей этой обстановки предопределяет образование, изменение, разрушение и преобразование минералов, их характерные свойства, их внешний облик, состав и внутреннее строение.

Минералогия исследует как эти процессы химических превращений в земной коре, так и, главным образом, их продукты — минералы. Последние изучаются с максимальной полнотой со стороны их внешних форм, химического состава и внутренней структуры, физических и химических свойств, специальных диагностических признаков, условий образования (генезиса), связи и взаимоотношений с другими минералами, составляющими в определенных условиях естественные ассоциации (парагенезис). Всесторонне изучая свойства минералов и типы их месторождений, минералогия открывает путь к их практическому использованию.

Минерал привлекает внимание не только минералога и геолога, но и горняка-разведчика, химика-аналитика, металлурга, технолога. Минералы, являясь в большинстве случаев полезными ископаемыми, представляют огромный практический интерес для народного хозяйства. В целях выяснения возможности их практического применения нужно детально изучать также и те минералы, которые в настоящее время еще не имеют прикладного значения. В особенности это относится к минералам, широко распространенным в природе.

В противоположность высказывавшимся до Октябрьской революции предположениям об отсутствии в СССР крупных месторождений серы, калия, алюминия, вольфрама, олова, молибдена и других чрезвычайно нужных и ценных полезных ископаемых, за последние пятнадцать лет были найдены не только все названные вещества, но и ряд крупных месторождений бора, ванадия, никеля, ртути, сурьмы, мышьяка, золота, меди и др.

Наша страна, шестая часть поверхности земного шара, отличается необычайным разнообразием геологических условий, начиная от равнин, сложенных осадочными породами, до высочайших гор, состоящих из изверженных и метаморфических пород; имеются районы вечных льдов и знойных солончаковых пустынь; известны грязевые вулканы, связанные с нефтяными газами, и настоящие вулканы, получающие питание от магматических очагов. Все это создает огромное разнообразие минералообразовательных процессов.

В нашем отечестве найдено очень много разнообразных минералов, но надо отметить, что еще не для всех химических элементов найдены их минералы. Целый ряд минералов, известных за границей, у нас еще не обнаружен. Однако, имеются все основания ожидать, что и эти и еще многие другие минералы будут открыты на территории СССР. Для минералогов Союза предстоит еще много работы.

Как это принято в методике научного преподавания, настоящее руководство делится на две части: в первой устанавливаются общие представления о морфологии, генезисе и парагенезисе минералов, об их физических и химических свойствах, о методах их исследования и синтеза; наконец рассматриваются принципы классификации минералов; во второй части содержится систематическое описание минералов по принятой классификации и обзор по какому-либо признаку (физическому, химическому или генетическому). В настоящем руководстве дается обзор их по генетическому признаку.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

КОЛИЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНЫХ ВИДОВ И ИХ НОМЕНКЛАТУРА

Зоологи и ботаники исчисляюТ отдельные виды растений и животных сотнями тысяч. Минералогия не дает таких больших цифр. По акад. В. И. Вернадскому насчитывается около 2000 видов минералов. А. Е. Ферсман также указывает, что почти из 7000 названий твердых минералов лишь несколько более 2000 относится к самостоятельным видам, под остальными же следует разуметь или разновидности, или различные названия одних и тех же минералов. Однако, число минеральных видов ежегодно пополняется 3 — 4 десятками новых открытий.

Как будет показано в историческом очерке, минералогические знания относятся к древнейшим, и значительное число названий минералов осталось неизменным до наших дней. Среди этих традиционных названий многие уже давно потеряли всякий смысл, источник многих других забыт. Вообще номенклатура минералов отличается большой пестротой: единой последовательно-рациональной системы названий нет. Номенклатуру можно свести к нескольким терминологическим группам:

1. Группа, характеризующаяся наибольшим влиянием прошлых периодов науки, когда названия минералов (обычно на основе греческого, реже латинского языка) давались по какому-нибудь бросающемуся в глаза, часто, однако, вовсе не строго индивидуальному свойству минерала. Например, лейцит (греч.) — белый, актинолит (греч.) — лучистый камень, ортоклаз (греч.) — прямо, т. е. под прямым углом колющийся. Наряду с удачными, есть много названий, давно потерявших смысл, например, „полевой“ шпат, или совершенно бессмысленных, например, аметист (греч.) — трезвый, т. е. якобы способный предохранить от пьянства, антимонит (греч.) — враждебный монахам, апатит (греч.) — обманщик, т. е. принимаемый за другой камень, и т. д.

Остальные терминологические группы строятся на более или менее рациональных, но также весьма различных принципах.

2. По химическому составу: барит (греч.) — тяжелый, сульфат бария $BaSO_4$; кальцит (лат.) — карбонат кальция $CaCO_3$; ангидрит (греч.), т. е. безводный сульфат кальция $CaSO_4$, в отличие от водного сульфата — гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; аргентит (лат.) — сернистое серебро и т. д.

3. По имени открывателя или в честь какого-либо лица: миллерит (NiS) — в честь кристаллографа Миллера; гётит ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$) — в честь великого поэта Гёте; вернадскит ($3CuSO_4 \cdot Cu(OH)_2 \cdot 4H_2O$) в честь акад. В. И. Вернадского.

4. По названиям географических пунктов, районов или областей, где впервые был найден или описан минерал: невьянскит (осмистый иридий), найденный в россыпях близ Невьянска; уралит — минерал из группы амфиболов, впервые описанный на Урале; андезин — полевой шпат, характерный для состава пород, широко развитых в южноамериканских Андах (но также и на Кавказе и в других местах); андалузит (Al_2SiO_5) — по Андалузии; арагонит ($CaCO_3$) — по Арагонии и т. п.

Большинство названий минералов оканчиваются на греческий суффикс *ит* (в отношении вновь открываемых минералов это правило соблюдается довольно строго). Очень распространено также окончание *ин*; но наряду с этими окончаниями встречается множество других, крайне разнообразных (*от, аз, аст, аг, ен* и т. п.).

ВНЕШНЯЯ ФОРМА МИНЕРАЛОВ

Газообразные и жидкие минералы не имеют своей формы. Твердые минералы представлены кристаллическими, скрытокристаллическими и аморфными телами. Подавляющее большинство минералов являются кристаллами, т. е. твердыми телами, ограниченными плоскими гранями, возникшими в силу свойств самого тела, расположения составляющих его частиц вещества. Все эти грани — при необычайном разнообразии внешних форм кристаллов — находятся в совершенно закономерной связи между собою.

Кристалл есть форма определенно организованной материи. Изучение его свойств обнаруживает замечательную особенность кристаллической среды; все физические свойства в кристалле (например, сила сцепления, распространение тепла, большую часть и света и пр.) векториальны, т. е. одинаковы по параллельным направлениям и не вполне одинаковы по направлениям непараллельным. Это зависит от определенно ориентированного расположения атомов (ионов) в мельчайшей пространственной единице кристаллического вещества, в его пространственной решетке. Ниже мы будем не раз возвращаться к этому понятию.

Рассматривая кристалл, легко заметить, что он является телом симметричным, т. е. обладающим правильной повторяемостью своих частей — граней, ребер, углов, называемых

в совокупности „элементами ограничения“. Элементы ограничения симметрично располагаются относительно: 1) некоторой точки — центра симметрии (изображается латинской буквой C); 2) некоторых линий — осей симметрии (L, λ) и 3) некоторых плоскостей симметрии (P, p). Центр, оси и плоскости симметрии называются элементами симметрии.

По наличию и количеству в кристаллах тех или иных элементов симметрии все разнообразие кристаллических форм сведено к шести системам (сингониям) и тридцати двум классам или видам симметрии.

Детально они изучаются в кристаллографии. Но они представляют большой интерес и для минералога, во-первых, потому, что являются отражением внутренней природы минерала и условий породившей его среды, во-вторых, потому, что они дают минералогу одно из важных средств диагностики минералов.

В последнее время кристаллографические школы всех стран стали вводить новые термины для определения не только простых форм, но и видов и отдельных элементов симметрии кристаллов.

Ленинградская кристаллографическая школа, объединенная в Федоровском институте, выдвинула свою кристаллографическую номенклатуру, пока не имеющую широкого распространения. Приводим для сравнения старую и новую номенклатуры.

Старое обозначение	Обозначение Федоровского института
Система	Сингонии
1. Правильная или кубическая	1. Полигирная
2. Гексагональная (некоторые авторы делят эту систему на гексагональную и тригональную, а иностранные авторы — на гексагональную и ромбоэдрическую)	2. Гексагирная
3. Квадратная или тетрагональная	3. Тригирная
4. Ромбическая (у иностранных авторов орторомбическая)	4. Тетрагирная
5. Моноклиническая или моноклиная	5. Дигирная
6. Триклиническая, триклинная или асимметрическая	6. Моногирная
	7. Агирная

В нашей и иностранной литературе в последнее время стали употреблять терминологию Шенфлиса, которая внешне отличается от принятой ранее терминологии; приводим ее ниже.

C — группа, в которой есть только ось простой симметрии;

$$C_2 = L_2; C_3 = L_3; C_4 = L_4; C_6 = L_6;$$

$C_1 = L_1$ — при отсутствии осей симметрии;

D — группа, обладающая одной простой осью n -порядка и n -перпендикулярными осями 2-го порядка;

$$D_2 = 3L_2; D_3 = L_3 3L_2; D_4 = L_4 4L_2; D_6 = L_6 6L_2.$$

$$V = D_2 = 3L_2;$$

- T — группа тетраэдра $3L_24L_3$
 O — группа октаэдра $3L_44L_36L_2$
 S — сложная ось симметрии; $S_2 = \lambda_2$; $S_4 = \lambda_4$; $S_6 = \lambda_6$;
 i — центр симметрии — инверсии;
 h — плоскость симметрии, перпендикулярная к главной оси;
 V — плоскость симметрии, параллельная главной оси;
 d — плоскости симметрии, параллельные главной оси и делящие пополам углы между дополнительными осями, т. е. занимающие диагональное положение.

Порядковый номер пространственной группы в данном классе ставится в виде степени.

Для пояснения данного выше понятия пространственной решетки приводим рисунки (фиг. 1, 2, 3).

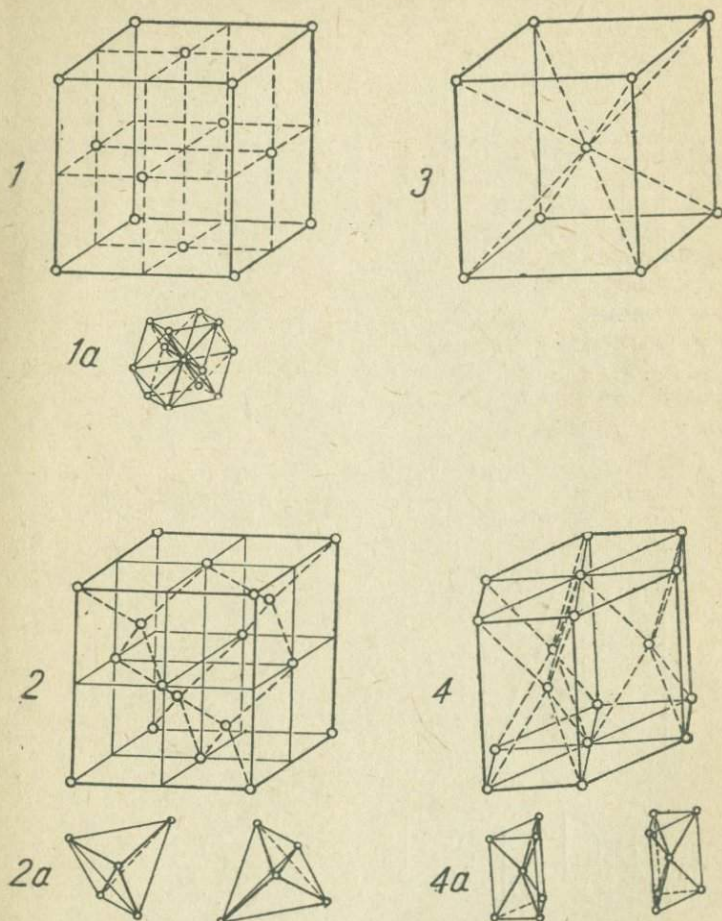
Пространственная решетка может быть построена из 14 групп переноса или трансляционных групп Браве. Эти группы имеют следующие символы (фиг. 4):

Трансляционные группы

Системы; кристаллические оси; названия групп	По Шен-Флису	По Герман-Моген
1. Триклинная (a, b, c ; α, β, γ не прямые)	Γ_{tr}	P
2. Моноклинная (a, b, c ; β не прямой угол)	Γ_m	P
3. Моноклинная с центрированным базисом	Γ_m^c	C
4. Ромбическая призма (a, b, c ; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$)	Γ_o^c	P
5. Ромбическая призма с центрированным базисом	Γ_o^c	C
6. Центрогранная ромбическая или гранецентрированная призма	Γ_o''	F
7. Центрированная или объемноцентрированная ромбическая призма	Γ_o'''	J
8. Тетрагональная призма ($a = b, c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$)	Γ_t	P
9. Тетрагональная центрированная или объемноцентрированная призма	Γ_t^c	J
10. Гексагональная призма с центрированным базисом	Γ_h^c	C
11. Тригональный ромбоэдр	Γ_{rh}	R
12. Простой куб	Γ_c^c	P
13. Центрогранный или гранецентрированный куб	Γ_c^c	F
14. Центрированный или объемноцентрированный куб	Γ_c''	J

Необходимо иметь в виду, что полно и хорошо сформированные кристаллические минералы — в виде кубов, октаэдров, додекаэдров, призм, ромбоэдров и их комбинаций — встречаются в природных условиях сравнительно редко. Они образуются лишь при отсутствии в окружающей кристалл среде факторов, препятствующих его росту и иногда изменяющих его наружный облик. Ярче всего это проявляется

там, где пространство, предоставленное кристаллу для его роста, слишком тесно, например, при одновременном образовании большого количества кристаллов поликристаллических масс. В этом случае внешние формы кристаллов („зерен“)



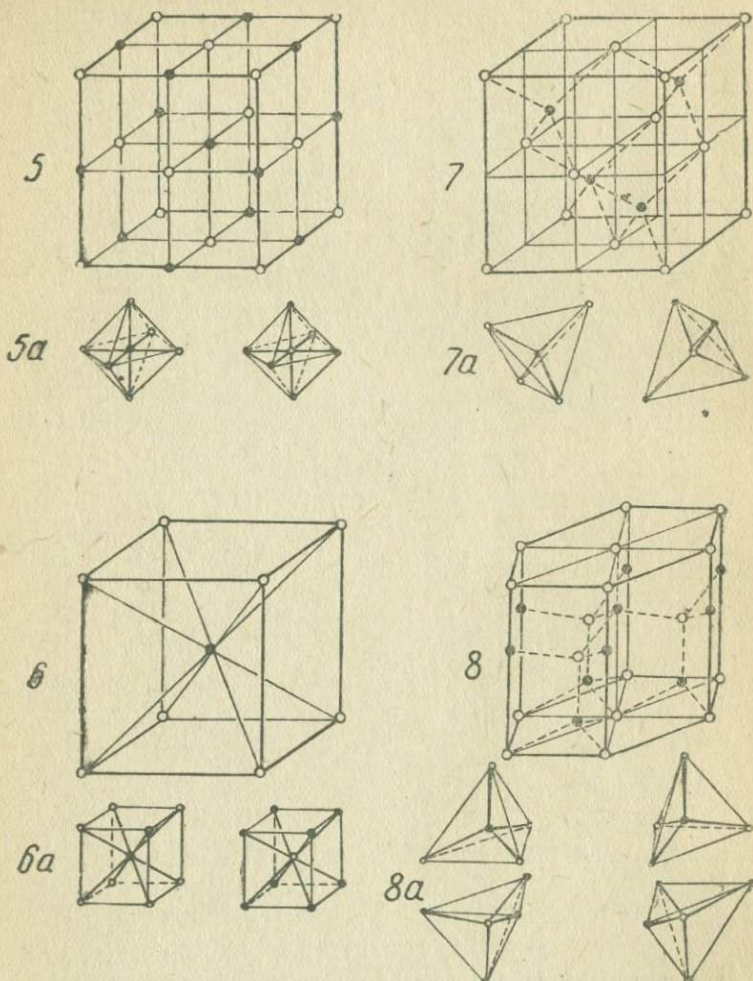
Фиг. 1. Структуры элементов.

1—1а — тип золота; 2—2а — тип алмаза; 3 — тип вольфрама; 4—4а — тип магния.

могут быть разнообразно искажены, при полной, однако, сохранности внутренней структуры каждого кристалла, его пространственной решетки.

Определить по внешнему виду кристаллическую форму можно с легкостью только у хорошо со всех сторон образованных кристаллов. У кристаллов, приросших к какому-либо основанию или вросших в него, определение кристаллографического вида обычно значительно труднее. Такие сростки кристаллов, приросшие к общему основанию, называются друзами или щетками; примером являются очень рас-

пространенные щетки горного хрусталя. Часто кристаллы принимают вытянутые формы: столбчатые, шестоватые, игольчатые, лучистые, волокнистые, отличающиеся друг от друга отношением диаметра к длине кристалла.



Фиг. 2. Структуры соединений типа AX.

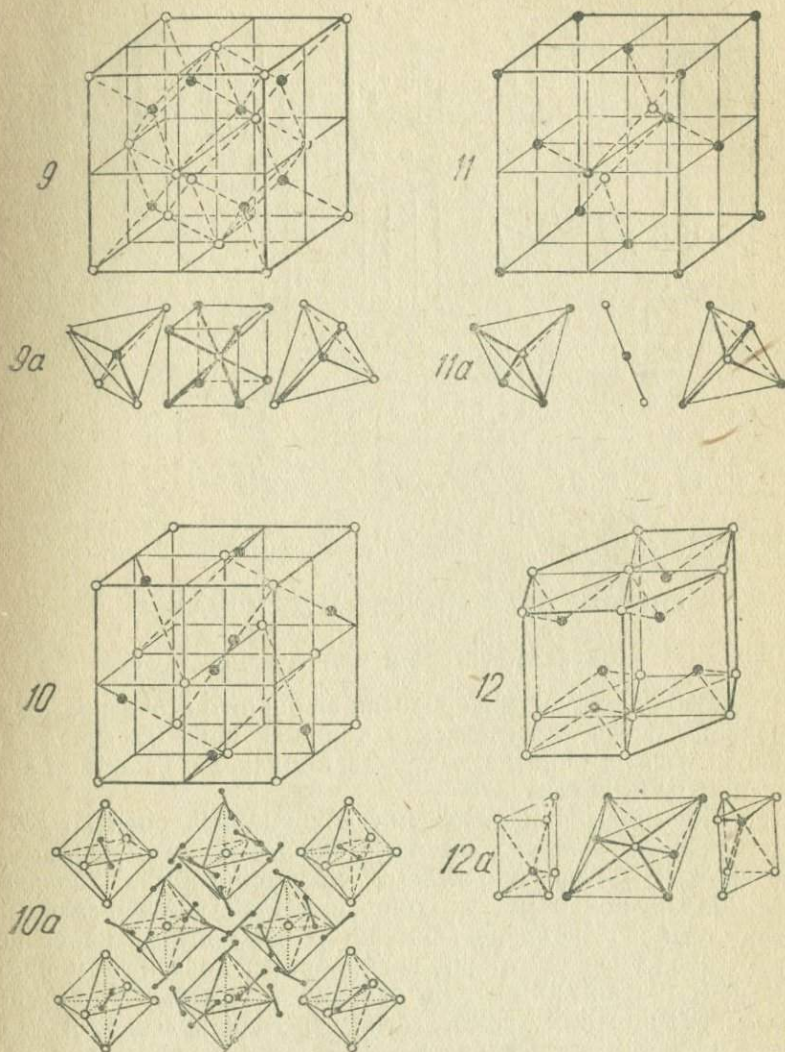
5—5a — тип каменной соли; 6—6a — тип CsBr; 7—7a — тип цинковой обманки; 8—8a — тип вюрцита.

Минералы, облик которых тяготеет к плоским формам, делятся на табличатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые.

Округлые формы минералов по характеру и размерам подразделяют на натечные или капельниковые и трубчатые, почковидные, узловатые и желваковатые, оолитовые (яйцевидные), пизолитовые (гороховидные), чечевицевидные, шаровидные (конкреции и секреции).

Наблюдаются также перистые, сетчатые, сноповидные, зубчатые и гребенчатые формы. Очень обычны крупно- и мелкозернистые, плотные, землистые массы.

4 • 8 • 0



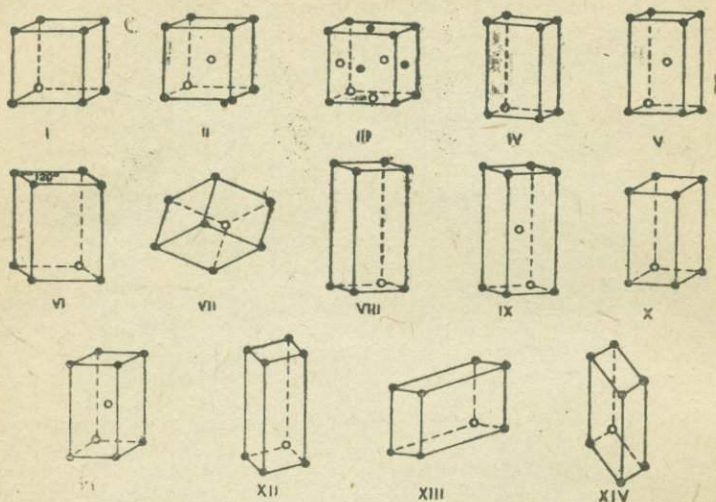
Фиг. 3. Структуры соединений типа AX_2 .

9—9a — тип флюорита; 10—10a — тип пирита; 11—11a — тип куприта;
12—12a — тип пирохроита. □

Необходимо отметить еще порфи́ровые выделения минералов в излившихся горных породах. К числу таких выделений относятся кристаллы кварца или полевого шпата в порфирах. Обычно формы их неправильны, в противоположность

вкрапленникам, образующим хорошо окристаллизованные выделения в осадочных и метаморфических породах.

Особые формы минералов представляют собой выцветы (эффлоресценции), налеты, дендриты. В виде выцветов обычно встречаются легко растворимые соли.



Фиг. 4. Четырнадцать трансляционных решеток Браве.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Окраска минерала или его цвет

В руководствах по минералогии прошлого столетия, когда микроскопическая и химическая техника еще не стояла на должной высоте, окраске минерала придавали огромное значение при его диагностике.

От этой эпохи в минералогии сохранились образно детализированные названия цветов минералов, как например, бронзово-желтый, латуно-желтый, свинцово-серый, пепельно-серый, бархатно-черный, лазурно-синий, изумрудно-зеленый, травяно-, луково-, яблочно-, фисташково-зеленый, канареечно-желтый, соломенно-желтый, восковой, медовый, лимонно-, винно-желтый, багряный или огненно-красный, гиацинтово-красный, кирпично-красный, алый, кроваво-красный и т. п. Многие из таких характеристик не потеряли и до сих пор своего диагностического значения, несмотря на присущую минералам способность изменять свою окраску от разных причин, главным образом от присутствия в их составе примесей красящих веществ (хромофоров).

В связи с развитием более точных микроскопических и химических методов исследования, окраске минералов перестали уделять должное внимание. Последнее обстоятельство вредно отразилось на поисковом деле, так как при поисках

и разведках приходится определять минералы в полевой обстановке, когда под рукой нет соответствующих приборов. В этом случае окраска минерала является одним из характерных диагностических признаков. Надо также делать отличие между минералами цветными и окрашенными.

В последнее время акад. А. Е. Ферсман снова привлекает внимание минералогов к вопросам о типах окраски минералов и о вызывающих ее факторах.

Минералы по акад. А. Е. Ферсману делятся на:

I. Идиохроматичные („идиос“ — греч. слово собственный):

а) собственная окраска минерала, зависящая от красящего вещества самого минерала (цветные минералы). Например, сера, графит, самородные металлы, гематит, малахит.

б) окраска минерала, зависящая от излучения, — энергохроматизм;

в) окраска, зависящая от особенностей строения кристалла, — стереохроматизм. Лазурит, содалит и еще очень немногие минералы.

II. Аллохроматичные („аллос“ — греч. слово — посторонний):

а) окраска, обязанная посторонним примесям (окрашенные минералы) и изменяющаяся не только от природы хромофора, но и от его состояния, величины частиц, рассеяния, количества и т. д. Например, многочисленные драгоценные камни (красный, синий, желтый, зеленый корунд, многоцветный турмалин, топаз, шпинель и др.).

III. Псевдохроматичные:

а) окраска зависит от рассеяния белого солнечного света, выражается побелалостью, пестрой игрой цветов: ковеллин, опал, пленки нефти на воде;

б) окраска зависит от интерференции и дифракции световых волн. Лабрадор.

С оптической стороны окраска минералов характеризуется длиной световой волны, которую можно определить при помощи монохроматоров.

Окраска	Длина волны света в онгстремах (Å)
Красная	7 500—6 500
Оранжевая	6 500—5 900
Желтая	5 900—5 750
Зеленая	5 750—4 900
Синяя	4 900—4 550
Фиолетовая	4 550—3 950

По характеру своего распределения окраска минерала бывает сплошная и однородная (барит, ортоклаз и др.), зональная (плавиковый шпат, аметист и др.); разные концы минералов могут быть окрашены в разный цвет (полихромный турмалин, эпидот и др.). Кроме того, различают еще следующие текстурные типы неоднородной окраски: точечная, крапчатая, облачная, волнистая, жилковатая или струйчатая, полосатая, ленточная, брекчиевидная и др.

Цвет черты минерала

Черта минерала является важным диагностическим признаком при определении минерала по цвету. Испытуемым минералом проводят, с легким надавливанием, по неглазуromanной фарфоровой пластинке (бисквиту), на которой получается характерная черта минерала; для большей наглядности черты ее можно растереть по пластинке.

• Цвет черты минерала есть не что иное, как цвет его порошка, и зависит от красящего вещества.

Идиохроматичные минералы дают черту, цвет которой приближается к цвету самых тонких пластинок. Например, металлически-блестящий стально-серый гематит (железный блеск) дает вишнево-красную черту. Псевдохроматические минералы дают белую черту; аллохроматические дают характерную черту, зависящую от присутствия в их составе того или иного хромфора.

Минералы с металлическим блеском часто дают черту черную, но разных оттенков.

Блеск

Блеск минерала, являющийся — ввиду своего относительного постоянства — очень важным диагностическим признаком, есть результат отражения света от его поверхности. При более высоком показателе преломления минерал нам кажется более блестящим, как например, алмаз. По интенсивности блеска различают: сильно блестящие, блестящие, слабо блестящие, мерцающие, матовые или неблестящие минералы. Но всего важнее характер блеска — металлический, металлоидный, стеклянный, алмазный, смолистый, жирный, перламутровый, шелковистый.

Прозрачность

Почти все минералы прозрачны в той или иной степени. Например, самородное золото в куске непрозрачно, но его тонкая пластинка в проходящем свете пропускает зеленые лучи. Прозрачными минералами называются такие, через тонкие пластинки которых можно читать нормальную печать. Минералы, через аналогичные пластинки которых нельзя читать, но через которые заметно проходит свет, называются просвечивающими. Иногда минералы просвечивают только в тонких краях. В сущности эти определения более или менее условны, так как за исключением совершенно непрозрачных минералов почти все остальные прозрачны в тончайших пластинках. Этим пользуются для микроскопических исследований минералов в проходящем свете, изготовляя из них пластинки — шлифы толщиной в 0,03 мм. Через эти шлифы можно свободно читать нормальную печать, и при этих условиях черная роговая обманка и пироксен становятся прозрачными. Большинство минералов, обладающих металлическим блеском, являются вполне непрозрачными. Непрозрачны и многие черные минералы, например урановая смоляная руда, пиролюзит и др.

Оптические свойства минералов обычно описываются в курсах кристаллографии и петрографии; здесь даны о них лишь самые общие сведения.

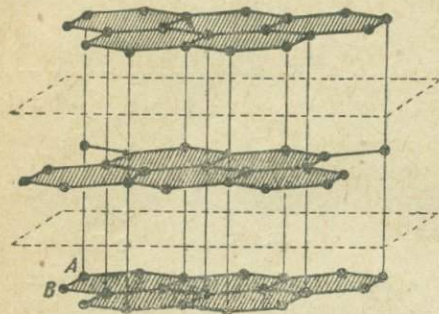
Спайность и излом

Способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям называется спайностью.

Флюорит CaF_2 кристаллизуется в кубической системе и имеет спайность по октаэдру. Расположение ионов кальция и ионов фтора в нем следующее (фиг. 5).

Спайность проходит между электроотрицательными ионами фтора, что видно из рисунка.

В кристаллах, содержащих радикалы SO_4 и пр., спайность проходит между этими радикалами. Для примера такого типа образования приведем барит BaSO_4 , у которого спайность идет в направлениях по (001) и (110) (фиг. 6).



Фиг. 7. Спайность у графита.

У слоистых решеток спайность проходит между ионными или атомными слоями. К числу таких образований относятся слюды, хлориты, хлоритоиды, молибденит, графит, гипс и др.

Для характеристики этого явления приведем структуру графита (фиг. 7).

В иных направлениях этих же минералов наблюдается

неровный излом, который бывает раковистым, плоскораконистым, занозистым, крючковатым, неровным и гладким.

У некоторых минералов спайность и раздельность проявляются только при нагревании.

Практическое значение этого свойства очень велико.

При обогащении полезных ископаемых иногда пользуются методом разделения по спайности; так, можно отделить плавленый шпат (флюорит) от кварца; первый легко раскалывается по спайности на мельчайшие осколки, второй не раскалывается и может быть отделен на ситах. У самого же кварца при нагревании иногда можно заметить раздельность по ромбоэдру.

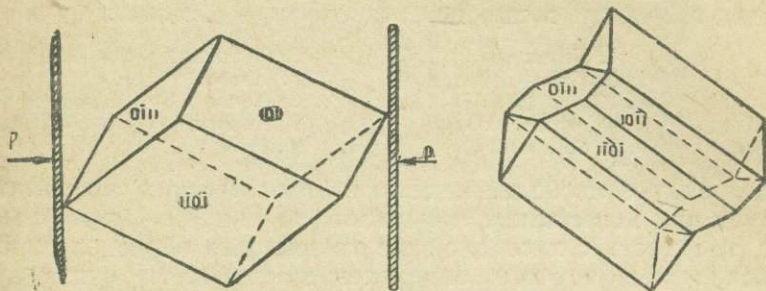
Скольжение

Скольжением у кристаллических минералов называется способность части кристаллов передвигаться под влиянием давления; передвижка частей кристаллов происходит по определенным кристаллографическим направлениям. В результате получаются двойники скольжения. В особенности это резко заметно у ромбоэдрических карбонатов типа кальцита (см. фиг. 8 и 9).

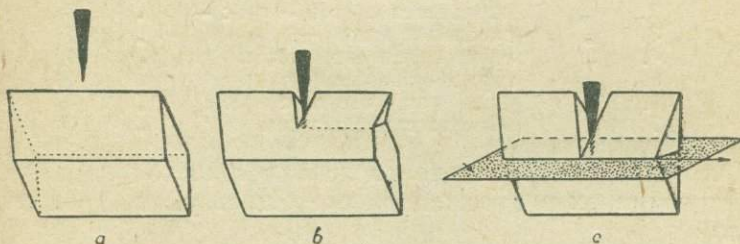
Фигура удара

Фигурами удара называют трещины, полученные на гранях кристалла в результате точечного удара: для получения их нужно приставить к грани кристалла иглу и по ней резко ударить молотком. Получающиеся трещины не совпадают

с направлением спайности, но связаны с кристаллической решеткой минерала. У каменной соли фигуры удара на гранях куба идут в направлении граней ромбического додекаэдра; у слюды фигура удара на базопинакоиде представляет шести-лучевую звезду, причем один из лучей длиннее остальных. По фигурам удара слюды делятся на слюды первого и второго



Фиг. 8. Двойники скольжения у кальцита.



Фиг. 9. Явление скольжения у кальцита.

рода. Длинный луч фигуры у слюды идет в направлении плоскости симметрии. У слюд первого рода плоскость оптических осей перпендикулярна к направлению длинного луча, у слюд второго рода — параллельна ему.

Твердость

Физическое понятие твердости крайне сложно; до сих пор оно не получило точной научной формулировки. В диагностической практике минеролога оно является не физическим в строгом смысле слова, а чисто техническим определением, связанным с величиной сопротивления твердых (непластичных) тел поверхностному диспергированию (царапанию, истиранию и т. п.)

Считается, что твердость зависит от поверхностной энергии кристаллического вещества. Кроме твердости в этом понимании, необходимо еще различать прочность или крепость минерала, т. е. способность сопротивляться раздавливанию; это свойство зависит от энергетических сил кристаллической решетки.

Различают пассивную и активную твердость. Пассивной твердостью считают способность минерала противостоять царапанию собственными осколками, активной твердостью — способность царапаться собственными осколками.

Твердость минералов принято определять по шкале германского ученого Ф. Мооса, расположившего по возрастающей степени твердости следующие минералы — образцы:

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

Для получения более надежных практических результатов следует при испытаниях минералов сравнивать их пассивную твердость с пассивной же твердостью образцов шкалы.

Для менее точного определения твердости существует следующая практическая шкала:

1. Минерал	скоблится ногтем — тальк —	твердость	1
2. „	царапается ногтем — гипс —	„	2
3. „	скоблится ножом —	„	3
4. „	легко царапается ножом	„	4
5. „	трудно царапается ножом	„	5
6. „	„ царапается стеклом	„	5,5
7. „	царапается подпилком	„	6

Для определения твердости полированных минералов при исследовании их в отраженном свете пользуются трехбальной шкалой:

1. Мягкие — царапаются грамофонной иглой на рукоятке без нажима.
2. *Средние царапаются этой иглой при нажиме.
2. Твердые не царапаются при нажиме.

Для более точного определения твердости пользуются прибором — склерометром. Склерометр Зеебека построен на принципе определения твердости минералов по величине нагрузки на царапающее острие. Таким образом, твердость выражается в весовых единицах. На приложенном рисунке видно устройство склерометра (фиг. 10 и 11).

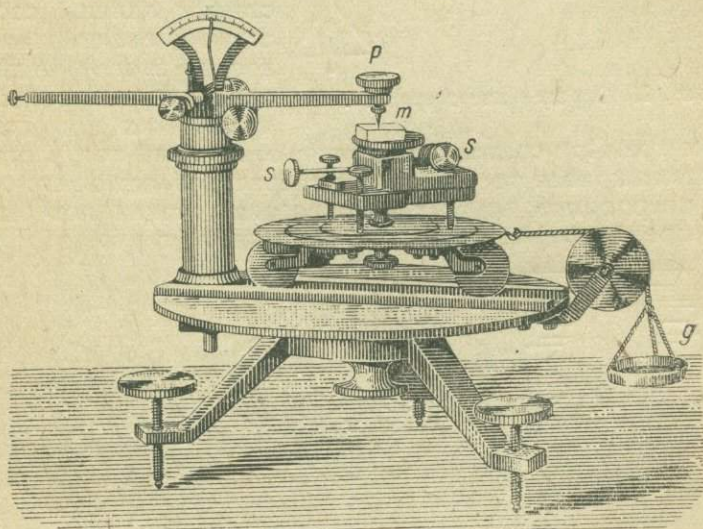
При сопоставлении твердости, определенной на основании данных склерометра Зеебека и шкалы Мооса, получается очень большая разница у первых двух номеров с третьим и последующим номерами шкалы.

Другие склерометры (как, например, склерометр Мартенса) построены не на величине груза, а на ширине царапин при постоянном грузе. Таким способом американские исследователи измеряют „микротвердость“ минералов. Алмазное острие с углом в 90° при нагрузке в 50 г производит царапину на полированной поверхности металла или на грани минерала. Столик с образцом передвигается при помощи микрометрического винта. Ширина царапины указывает на величину твердости.

Ниже приводим таблицу, в которой шкала твердости Мооса сравнена со шкалой „микротвердости“:

Шкала Мооса	Ширина царапины в микронах	Микротвердость
1. Тальк	93,6	1
2. Гипс	90,3	11
3. Кальцит	8,8	129
4. Флюорит	8,4	143
5. Апатит	5,5	517
6. Ортоклаз	3,2	975
7. Кварц	1,9	2 700
8. Топаз	1,7	3 420
9. Корунд (сапфир)	1,4	5 300

Склерометром следует пользоваться при более точных исследованиях твердости минералов; для практических целей обычно бывает достаточно шкалы Мооса.



Фиг. 10. Склерометр Зеебека.

Для пользования шкалой твердости приведем следующие правила по проф. П. А. Земляченскому:

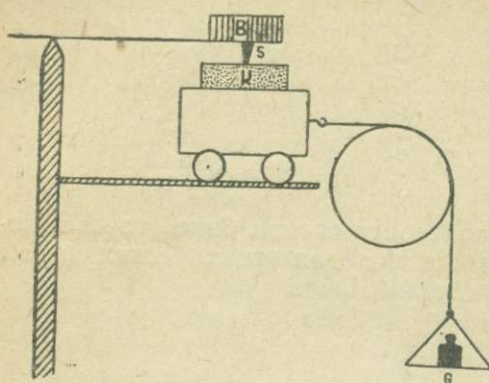
1. Различие в твердости на различных гранях какого-либо минерала наблюдается только в тех случаях, когда минерал обладает спайностью. При этом наибольшая твердость обнаруживается на плоскостях, перпендикулярных спайности, а наименьшая — на плоскостях, ей параллельных.

2. Если испытываемая плоскость перпендикулярна к направлению спайности, то в направлении, параллельном к спайности, она обнаруживает наименьшую, а в направлении перпендикулярном — наибольшую твердость.

3. Если плоскость находится в косом направлении к спайности, то различие в твердости замечается даже на одной и той же линии, а именно — большая твердость обнаруживается при движении острия от тупого конца спайного ребра к острому, меньшая — при движении острия от острого ребра к тупому.

4. Если испытываемая плоскость параллельна спайности и не пересекается направлением другой спайности, то на ней не обнаруживается различия в твердости.

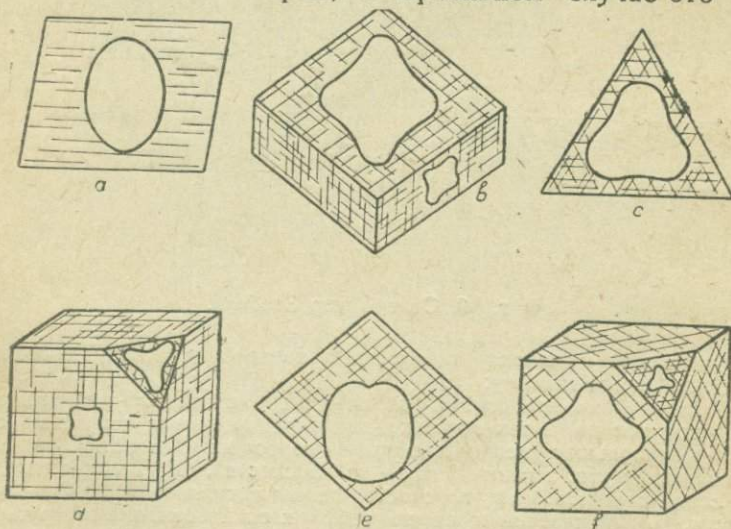
Нередко твердость минералов различна на различных гранях. Наиболее ярким примером этого является дистен (Al_2SiO_6), у которого твердость на широкой грани M в направлении узкой боковой грани $T=4,5$, а в направлении грани $P=6$. На



Фиг. 11. Определение твердости.

гранях T и O твердость равна 7. В силу разной твердости этот минерал получил нарицательное название дистен (от греч. слов ди и стенос — две силы или две степени твердости). Для наглядности изображения твердости Франк предложил откладывать из центра кристалла линии, соответствующие величинам твердости этого вещества, определенным в этих направлениях при помощи

склерометра. При соединении концов этих линий получается так называемая кривая твердости. У минерала, обладающего одинаковой твердостью во всех направлениях, такая поверхность будет представлена шаром, в противном случае это будут



Фиг. 12. Кривые твердости.

a — у кремнезема; b — у барита; c — у кальцита; d — у каменной соли; e — у кальцита; f — у флюорита.

эллипсоиды или многолопастные формы. Так, например, у каменной соли, кристаллизующейся в кубической системе и имеющей совершенную спайность по кубу, максимальная твердость наблюдается в направлении диагоналей куба (фиг. 12).

Так как минералы часто представлены не отдельными кристаллами, а сростками, прорастаниями двойников и т. п., то твердость таких тел обычно бывает выше твердости отдельных кристаллов, примером чего может служить плотный тальк — стеатит или жировик с твердостью, доходящей до 2,5.

Кроме твердости или сопротивления царапанью и истиранию, в минералах следует различать следующие виды сопротивления механическому воздействию:

1. Ковкость или текучесть. Многие самородные металлы и некоторые минералы с металлическим блеском, например, свинцовый блеск, от удара молотка мнутся, куются. Некоторые агрегаты тонковолокнистых минералов, например, нефрит, жадеит, змеевик, тоже мнутся. Но это уже свойство агрегата, а не кристалла.

2. Гибкость. Некоторые минералы пластинчатого или волокнистого строения обладают способностью изгибаться, не нарушая своей структуры. Различают упругие слюды, гибкие прочные асбесты. Упругость минералов, т. е. сопротивление силам, стремящимся изменить объем и форму минералов, определяют методами, применяемыми при исследовании сопротивления материалов. Определение упругости минералов производится при техническом их использовании; обычно эти определения делаются для асбеста и слюды.

Удельный вес

Одним из характерных свойств минерала является его удельный вес.

Удельным весом называется отношение веса тела к весу вытесненного им объема воды. Удельный вес определяется следующим путем:

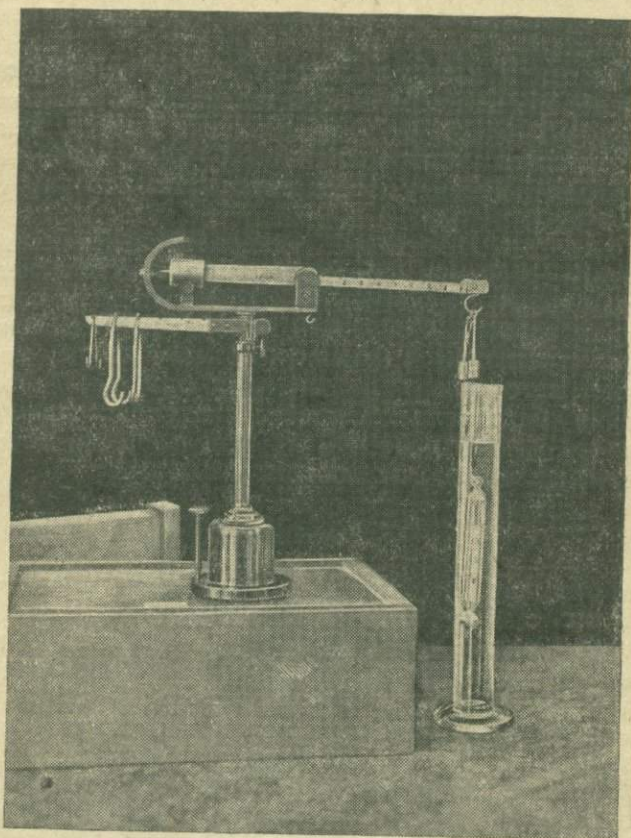
1. Самое простое, приблизительное определение удельного веса минерала достигается с помощью обыкновенных весов и мензурки. Взвешивают на весах осколок минерала, смачивают его водой и опускают в узкую мензурку с предварительно измеренным уровнем воды. Вода, вытесненная осколком, поднимается до нового уровня, в зависимости от размера осколка. Относя вес осколка к весу столбика воды между первым и вторым уровнем, можно вычислить удельный вес.

2. Филипп Джолли (1809—1884) предложил пружинные весы для определения удельного веса.

3. Для определения удельного веса минералов пользуются также тяжелыми жидкостями. Осколок минерала погружается в тяжелую жидкость, в которой он должен занять безразличное положение (взвешенное), т. е. находиться там, куда его поместят. Это произойдет в том случае, когда удельный вес жидкости и минерала одинаковы. Последнее достигается разбавлением жидкости водой или другими растворителями. После этого определяют удельный вес жидкости весами Вест-

фаля (фиг. 13) или пикнометром. Применяются следующие тяжелые жидкости:

а) Жидкость Туле — концентрированный раствор двойной соли ($KJ + HgJ_2$) с удельным весом до 3,196. Жидкость Туле разбавляется водой; в ней определяются минералы с удельным весом ниже 3,196.



Фиг. 13. Весы Вестфалья.

б) Жидкость Рорбаха — Сушина — водный раствор двойной соли ($BaJ_2 + HgJ_2$) с удельным весом — 3,588. Разбавляют раствор с помощью слабого раствора той же соли; водой не пользуются, так как она разлагает двойную соль:

в) Иодистый метилен (CH_2J_2) с удельным весом при 16° 3,33, разбавляется бензолом. Насыщая иодистый метилен иодформом и после иодом, можно повысить удельный вес жидкости до 4,6.

г) Жидкость Клейна — раствор борновольфрамовокадмиевой соли $2CdO \cdot B_2O_3 \cdot 9WO_3 \cdot 2H_2O$ — удельный вес 3,6.

д) Жидкость Клеричи ($\text{CH}_2(\text{COO})_2\text{Ti}_2 + \text{HCOOTi}$)—органическая соль таллия с удельным весом 4,27. Исключительно легко растворяется в воде и также легко выпаривается.

4. Определять удельные веса минералов в тяжелых жидкостях можно при помощи индикаторных минералов, удельный вес которых известен. Достигнув взвешенного состояния испытуемого минерала, подбирают последовательно минерал-индикатор, который также окажется взвешенным в жидкости.

5. Определять удельный вес можно пикнометром. Минерал в виде мелких осколков взвешивается в воздухе; взвешивается также пикнометр (P), наполненный водой. Затем навеска минерала помещается в пикнометр; взвешиваются пикнометр с водой и минералом (M). Обозначив буквой M вес минерала, P —вес пикнометра с водой, P_1 —вес пикнометра с водой и минералом, вычисляем удельный вес по формуле:

$$D = \frac{M}{P + M - P_1}.$$

Для тяжелой жидкости принимаются эти же условия: P —вес пикнометра с водой, L —вес пустого пикнометра, F —вес пикнометра, заполненного жидкостью, тогда имеем:

$$D = \frac{F - L}{P - L}.$$

Минералы с удельным весом ниже 2,5 кажутся нам легкими, от 2,5 до 2,8 средней тяжести, выше 2,8 тяжеловатыми.

При удельном весе 3,5, как, например, у топаза, минерал кажется нам определенно тяжелым (почему, например, топаз назван „тяжеловесом“ в отличие от горного хрусталя). Чем выше удельный вес минералов, тем труднее различить их вес по мускульному ощущению.

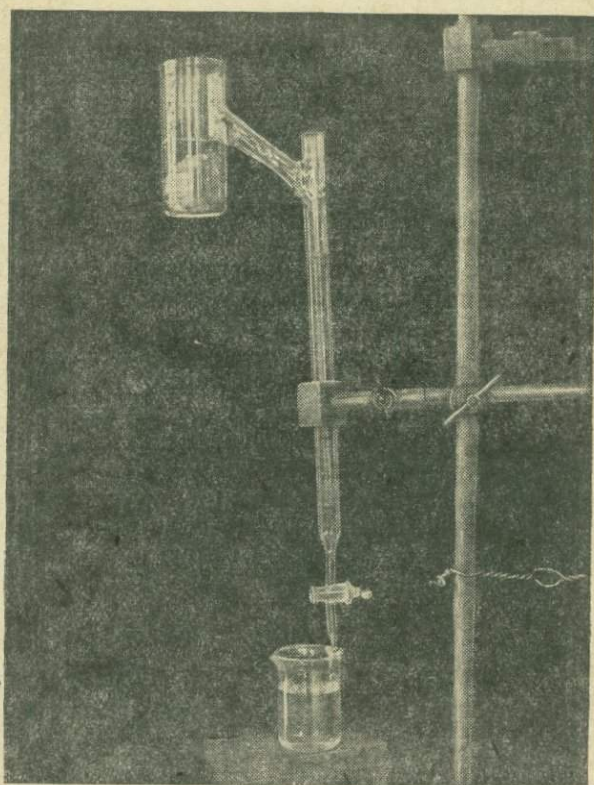
Приводим краткий список минералов по удельному весу

0,92 — лед	2,27 — кальцит
1,00 — вода	2,80 — пирофиллит
1,07 — элатерит	2,85 — волластонит
1,98 — сильвин	2,87 — доломит
2,00 — сепиолит	2,88 — мусковит
2,14 — галит	3,00 — тремолит
2,16 — графит	3,18 — флюорит
2,31 — тридимит	3,30 — авгит
2,50 — содалит	3,33 — оливин
2,56 — серпентин	3,40 — эпидот
2,56 — микроклин	3,40 — везувиан
2,56 — ортоклаз	3,52 — алмаз
2,60 — нефелин	3,53 — топаз
2,60 — каолин	3,96 — малахит
2,61 — альбит	3,96 — целестин
2,62 — халцедон	4,48 — барит
2,65 — кварц	4,69 — циркон
2,63 — олигоклаз	4,75 — молибденит
2,66 — адунит	5,03 — пирит
2,70 — тальк	5,55 — кераргирит

6,00 — куприт
6,51 — церуссит
6,8 — 7,1 — касситерит
7,05 — цинк
7,50 — галенит
8,10 — киноварь
8,80 — медь

9,35 — урановая смоляная руда
10,60 — серебро
11,37 — свинец
13,60 — ртуть
17—19 — золото
20 — иридий осмий
22 — иридий

Самым легким твердым телом является твердый водород, который при $-259,9^{\circ}$ имеет удельный вес 0,076. Из металлов самый легкий литий — 0,534, а самый тяжелый осмий — уд. вес — 22,48.



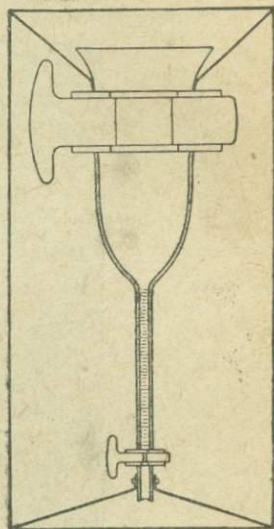
Фиг. 14. Волюмометр Уклонского.

Для быстрого объеметрического определения удельного веса автором предложены следующие приборы, устройство и применение которых понятно из рисунков. Для крупных кусков употребляется стакан с бюреткой. В стакан наливается вода, избыток которой сам сливается в бюретку. В стакан помещается предварительно взвешенный минерал, после чего стакан прикрывается стеклянным кружком, смазанным вазелином, а из бюретки насосом откачивается воздух. Предварительно в бю-

рентке замечается уровень стояния воды. Вытесненная вода переводится в бюретку для отсчета. Если минерал весит 49 г, а вытеснил 7 см^3 воды, весящих 7 г, то, следовательно, этот минерал в 7 раз тяжелей воды, иными словами, его удельный вес равен 7, что соответствует касситериту (фиг. 14).

Второй прибор — с ртутью, для небольших образцов не растворимых в ртути (ртутный волюмометр). Он состоит из измерительной трубки и камеры для погружения минерала (см. фиг. 15). В прибор наливают определенное количество ртути, уровень которой замеряется в измерительной трубке. Затем закрывают верхний кран и переворачивают прибор, в освободившуюся камеру через кран всыпают осколки или осколок испытуемого минерала, закрывают кран и снова переворачивают прибор, после чего открывают верхний кран. Ртуть опускается на дно прибора, вытесняя весь воздух, и поднимается в трубке на объем, равный объему минерала (фиг. 16). Осколки берутся по размерам больше диаметра измерительной трубки. Все исследования ведутся от начала до конца при одной температуре и давлении. При помощи этого ртутного волюмометра можно очень быстро и точно определять удельный вес минерала.

Для более мелких зерен минерала предлагается вторая модель с согнутой камерой. При определении удельного веса песка стараются весь песок поместить над ртутью рабочей камеры, а не над ртутью в измерительной камере, так как в последнем случае песок всплывает над ртутью (фиг. 19).



Фиг. 15. Ртутный волюмометр Уклонского.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

В соответствии с физико-химическими особенностями минералов различают четыре типа их.

1. Химические соединения:
 - 1) определенные химические соединения,
 - 2) неопределенные химические соединения:
 - а) изоморфные смеси и твердые растворы,
 - б) диссоциационные системы.
2. Физические смеси:
 - 1) коллоидальные системы — гели и золи и абсорбционные системы,
 - 2) кристаллические сростания.
3. Тонкие механические смеси:

1) пойкилитические структуры.

4. Псевдоморфозы.

Под химическим составом минерала подразумеваются составляющие его химические вещества, открываемые количественным химическим анализом. Вещества, обнаруживаемые спектральным, рентгеновским или иным более точным физическим методом, обычно не входят в химическую формулу минерала.



Фиг. 16. Ртутный волюмометр Уклонского для шлихов.

Минералы с простым химическим составом, как кварц (SiO_2), самородная сера (S), алмаз (C), кальцит (CaCO_3), барит (BaSO_4), пирит (FeS_2) и т. п., принадлежат к определенным химическим соединениям, в которых отношения между элементами выражаются простыми рациональными числами.

Полиморфизм

В самом начале прошлого столетия Гаюи, считая все минералы определенными химическими соединениями, думал, что каждое химическое соединение может кристаллизоваться только в определенном кристаллическом классе. Но ещё при его жизни было доказано, что это не соответствует действи-

тельности; в природе имеются кальцит и арагонит (CaCO_3), пирит и марказит (FeS_2), алмаз и графит (C), образующие разные кристаллические решетки.

Такое явление называется полиморфизмом. Полиморфные разности одного и того же вещества считаются разными минералами, несмотря на одинаковый химический состав. Они отличаются друг от друга не только кристаллической решеткой, но и рядом свойств. Так алмаз и графит — полиморфные разности углерода — имеют разную твердость. У первого твердость 10, у второго 1; удельный вес у алмаза 3,5, а у графита 1,9—2,3; алмаз — диэлектрик, графит — проводник электричества.

Для обозначения полиморфных разностей некоторых минералов применяют особые названия, например упомянутые выше кальцит и арагонит. Рутил, брукит и анатаз представляют различные кристаллические формы двуокиси титана (TiO_2); кварц, тридимит, кристобалит, халцедон — полиморфные разности кремнекислоты (SiO_2); в других случаях полиморфные разности обозначаются греческими буквами α , β и т. д., присоединяемыми к основному названию минерала, например образующийся при высоких температурах α -кварц, при более низких — β -кварц; ромбическая α -сера, моноклинная β -сера и т. д.

Полиморфные разности одного и того же вещества образуются в земной коре при различных физико-химических условиях, о которых будет сказано ниже.

Изоморфизм

Изоморфизм — в современном понимании этого широко распространенного в природе явления — состоит в способности определенных химических соединений, принадлежащих к одному кристаллическому классу и обладающих большей частью (но не всегда) сходной химической формулой, образовывать друг с другом кристаллические смеси, называемые изоморфными смесями. Смешивающиеся вещества при этом тесно и совершенно правильно проникают друг друга, образуя физические однородные твердые растворы, химический состав которых колеблется в широких пределах в зависимости от числа и количественного соотношения компонентов. Смешиваться между собою могут не только два-три изоморфных вещества, но целые изоморфные группы. Например, Mg_2SiO_4 (форстерит) может образовать изоморфную смесь с Fe_2SiO_4 (фаялит), Zn_2SiO_4 (виллемит), Mn_2SiO_4 (тефроит) и др. Количественно господствующее в такой смеси соединение называется растворителем; растворенные компоненты могут входить в смесь или в значительном количестве, или в виде небольших, иногда ничтожных, изоморфных примесей.

Изоморфные смеси необычайно распространены в природе. К ним относится безусловное большинство минералов, в том

числе важнейшие из минералов, слагающих земную кору (полевые шпаты, пироксены, оливины, амфиболы).

Несмотря на доказанную впервые русским минералогом И. П. Германом (1805—1879) возможность изоморфного смешения веществ весьма различного химического состава, в подавляющем большинстве случаев компонентами изоморфных смесей являются вещества со сходной химической формулой (как в приведенном выше примере).

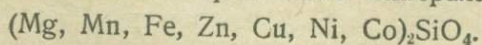
Вся сумма наших знаний об изоморфных смесях говорит о том, что в них мы имеем дело с атомным замещением. Атомы и однозначные ионы разных элементов могут замещать друг друга в точках элементарной пространственной решетки, при условии равенства или близости их ионных радиусов. Для примера приведем ромбоэдрические карбонаты:

Магнезит	$MgCO_3$	0,78	Å	— радиус иона металла
Сидерит	$FeCO_3$	0,83	Å	— " " "
Родохрозит	$MnCO_3$	0,91	Å	— " " "

В изоморфных смесях таких соединений ионы магния железа и марганца могут замещать друг друга во всех пропорциях. Такие смеси и существуют на самом деле в виде минералов: брейнерита, мезитита, пистомезита, манганокальцита и т. п.

Сводя многочисленные эмпирические наблюдения, В. И. Вернадский выделил (1907) определенные ряды элементов, имеющих склонность замещать друг друга в природных минералообразующих процессах. Таблица изоморфных рядов В. И. Вернадского подсказывает аналитику, какие элементы он должен искать по выяснении основного химического типа минерала. При этом необходимо лишь иметь в виду, что способность элементов к взаимному замещению изменяется в зависимости от того, идет ли образование минерала в холодных поверхностных зонах земной коры при слабом давлении или в раскаленных зонах магмы, при огромной температуре и давлении, или в промежуточной метаморфической зоне.

Для простого химического соединения формулу пишут по обыкновенному, принятому в химии способу, например кремнекислый кальций — $CaSiO_3$ или окись меди CuO . Для того, чтобы написать химическую формулу изоморфной смеси, требуются некоторые условия. Для примера возьмем в качестве растворителя ортосиликат магния Mg_2SiO_4 ; нам известно, что магний относится к девятому ряду таблицы Вернадского и может быть в той или иной мере замещен элементами своего ряда. Таким образом возможно образование минерала с формулой:



Эту формулу следует понимать таким образом. Максимальное количество вещества в этом минерале принадлежит растворителю Mg_2SiO_4 ; Mn_2SiO_4 занимает по количеству второе, Fe_2SiO_4 — третье место и т. д.; кобальта в изоморфной смеси меньше всего.

Таблица изоморфных рядов Вернадского

1. Al. Fe. Cr. Mn Ti. B [Y]. [Ce]. V. In?	10. Au. Ag. Hg. Cu. Pb. Tl
I	I?
II	II. III
III	11. Pt. Fe. Pd. Ir. Rh. Cu
2. Ba. Ca. Sr. Pb	III
I	12. Os. Ru. Rh. Ir.
II. III	III
3. Br. J. Cl. F	13. Ca. Mg. Mn. Fe
I	I?
II. III	II. III
4. V. P. As. Sb?	14. O. F
I	III?
5. Bi. Sb. As	15. Co. Fe. Ni
II. III?	I
6. K. Na. Cs. Rb. Tl. Li. H.	II
I	16. Si. Ti. Zr. Mn
II. III	II. III
7. W. Mo	17. Th. U
I	III
8. Ge. Sn	18. Zr. Hf
II	III
9. Mg. Mn. Fe. Zn. Cd. Cu. Ni. Co. In?	19. Nb. Ta
I	III
II. III	20. S. Se. Te?
	II. III?

- I. Кора выветривания — валозные минералы.
 II. Метаморфическая оболочка — фреатические минералы.
 III. Магматическая оболочка — ювенильные минералы.

В данной кристаллической решетке ионы магния замещаются элементами своего изоморфного ряда в неопределенном количестве, но сумма эквивалентов MgO, MnO, FeO, ZnO, CdO, CuO, NiO, CoO находится в определенном отношении к кислородному радикалу.

Некоторые физические свойства изоморфных смесей (например удельный вес, светопреломление) — аддитивны, т. е. являются средними из соответственных свойств компонентов. Само собою разумеется, что свойства смешанного кристалла являются средними для входящих в его состав компонентов. В качестве примера аддитивности свойств можно привести полевые шпаты — плагиоклазы.

	Уд. в.	Средн. показатель преломления
1Ab альбит $Ka_2Al_2Si_6O_{16}$. . .	2,624	1,534
3Ab. 1An	2,659	1,546
1Ab. 1An	2,694	1,558
1Ab. 3An	2,728	1,570
1An анортит $CaAl_2Si_2O_8$. . .	2,758	1,584

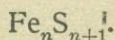
Из последнего примера видно, что с увеличением в плагиоклазе анортитовых частиц повышается удельный вес и показатель преломления.

Твердые растворы

Изоморфные смеси являются чрезвычайно распространенным и наилучше изученным типом твердых растворов, в котором все составные части принадлежат к одному кристаллическому классу. Есть, однако, иные типы твердых растворов, также являющиеся твердыми фазами переменного состава; их компоненты также не образуют друг с другом химических соединений, но вместе с тем не принадлежат (как в изоморфных смесях) к одному кристаллическому классу; в них, поэтому, мы не имеем такого взаимного проникновения, при котором их параллельные направления („векториальные свойства“) совпадали бы между собой. Широко распространенным примером этого типа твердых растворов являются слабые окрашенные растворы, где в массе кристалла совершенно равномерно распределено небольшое количество полихромного химического вещества.

Очень характерно, что все такие вещества, под влиянием примеси, меняют некоторые свойства, например величину показателя преломления.

Химический состав этого типа твердых растворов иногда близок к определенным химическим соединениям; в других случаях этот состав не укладывается в формулу. Примером такого твердого раствора может служить пирротин (магнитный колчедан), формула которого пишется очень различно (Fe_5S_6 , Fe_7S_8 , $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$ и др.), что сводится в общем к такому виду:



Анализ пирротина всегда показывает некоторый избыток серы (сравнительно с нормальным составом FeS). Этот избыток не входит в химическое соединение, а растворен в FeS .

Диссоциационные системы

Акад. В. И. Вернадский выделяет в особый вид неопределенных химических соединений такие твердые растворы, в которых один компонент жидкий или газообразный; количество компонентов в данной системе зависит исключительно от парциального давления газа или пара, участвующего в ней. К таким образованиям относится, например, особая группа минералов — цеолиты.

ФИЗИЧЕСКИЕ СМЕСИ

К физическим смесям относятся коллоидальные системы и кристаллические сростания.

Коллоидальные системы

Коллоидальные (коллоидно-дисперсные, тонко раздробленные) системы это — тонкие смеси мельчайших (от 1 до 100 микрометров*) частиц — мицелл в какой-нибудь дисперсионной среде. Такие смеси, имеющие некоторое сходство с растворами (псевдорастворы), вообще называются золями. В зависимости от дисперсионной среды, в которой заключены коллоидные частицы, различают: гидрозоль (водные псевдорастворы), аэрозоль (смеси с воздухом), кристаллозоль (дисперсионная среда — кристалл), витреозоль (дисперсионная среда — стекло) и некоторые другие. Для минералога наибольшее значение имеют гидрозоль, водные коллоидные псевдорастворы.

Коллоидные псевдорастворы обладают рядом особенностей, отличающих их, с одной стороны, от настоящих (молекулярных) растворов, с другой — от грубо-дисперсных систем. Они проходят через обыкновенные фильтры как настоящие растворы; они прозрачны на вид, но при пропускании через них световых лучей мутнеют, ввиду преломления последних при встрече с взвешенными в воде частицами (явление Тиндалля). В отличие от грубо-дисперсных систем, взвешенные в воде коллоидные частицы сами собою почти не оседают на дно; это связано как с их размерами, так и, главным образом, с наличием у них одноименного электрического заряда, препятствующего их взаимному сближению с последующей агрегацией и оседанием.

Утрачивая по тем или иным причинам электрический заряд, частицы гидрозоля сближаются, образуя агрегаты, происходит свертывание (коагуляция) гидрозоля с образованием хлопьевидных, студенистых или порошковатых, в дальнейшем твердеющих гидрогелей. Некоторые гидрогели обладают способностью вновь переходить в золи (обратимые, лиофильные гели); другие такой способностью не обладают (необратимые, лиофобные гели) и остаются в твердой (аморфной) форме с тенденцией к медленному переходу в кристаллическое состояние.

Гели первого из названных типов господствуют в органическом мире. Твердые необратимые гидрогели составляют главный объект коллоидной минералогии.

Чрезвычайно важным свойством гелей является их способность к адсорбции, т. е. к поглощению (своей поверхностью) из растворов тех или иных растворенных соединений, а также газов. Очень многим гелям свойственна избирательная адсорбция. Так например, гели кремнекислоты ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) адсорбируют основные красящие вещества, но не адсорбируют кислых. Коллоидальные вещества глин энергично адсорбируют катионы калия, что играет необычайно важную роль в геохи-

*) 1 микрометр = 0,000001 мм.

мии почвенных процессов. Гели двуокиси марганца (псиломеланы, вады) адсорбируют катионы бария, лития, калия. Во многих случаях при адсорбции идут химические реакции, пре-
допределяющие конечный состав коллоидного минерала.

Среди коллоидных минералов можно различать: а) простые гели и б) смеси гелей. Те и другие образуются отчасти из ювенильных (восходящих) вод, но большею частью из вод поверхностных (вадозных). К их выделению ведут различные процессы. Например, при выветривании полевых шпатов (и некоторых других алюмосиликатов), с одной стороны, образуется остаточный (резидуальный) гель каолина, в дальнейшем переходящий в каолин, с другой стороны, — опал или гель кремнезема ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Выпадая из псевдорастворов в виде желатинообразных студенистых, хлопьевидных или порошковатых масс, гели всегда содержат то или иное количество воды. Это частью — капиллярная (адсорбированная) вода, частью — вода остаточного псевдорастворителя, частью (в редких случаях) вода химически связанная. С течением времени гели теряют воду (кроме химической), твердеют и вместе с этим их структура начинает мало-по-малу переходить в скрыто-, а затем и в ясно-кристаллическое состояние. Повидимому, уже самая коагуляция геля (из золя) есть по существу один из актов кристаллизационного процесса (что, между прочим, доказывается заметным выделением теплоты).

Кристаллические минералы, образовавшиеся из аморфных (гелей), называются метаколлоидными. Можно привести несколько параллельных примеров коллоидных и — соответственно им — метаколлоидных минералов:

Коллоиды	Метаколлоиды
Опал, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Халцедон, кварц, SiO_2
Гидротролит, $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Пирит, марказит, FeS_2
Лимонит, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Гетит, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Спорогелит, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Гематит, Fe_2O_3
	Диаспор, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Внешние формы и внутреннее строение коллоидных минералов очень характерны; среди них очень распространены сферические, эллипсоидальные, почковидные, оолитовые, сталактитовые формы. Внутреннее строение их носит часто концентрический, скорлуповатый характер, нередко с развитием трещин — в результате неравномерного сокращения при высыхании.

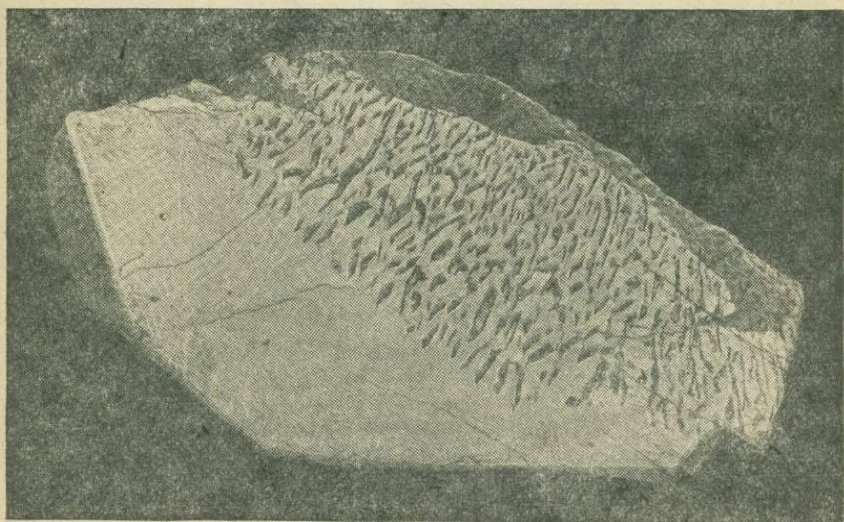
Очень распространены в природе гели кремнекислоты и алюмокремневых кислот (опалы, кремни, глины), также фосфорной, угольной кислоты (фосфориты и др.), гидратов окиси железа и марганца (бурные железняки, псиломеланы, вады).

Целый ряд минералов может встретиться в форме коллоидов, как например, бирюза, опал, питтицит и др.

Кристаллические структуры сростания. В природе нередко встречаются условия, когда два минерала при одновременной кристаллизации взаимно прорастают друг друга, взаимно включают друг в друга, образуя как бы два самостоятельно вставленных друг в друга скелета (Д. С. Белянкин). Кристаллические сростания некоторых минералов бывают иногда настолько тесными, что ясная граница между отдельными компонентами обнаруживается с трудом. Для совместной кристаллизации требуются определенные физико-химические условия. К таким сростаниям относятся пегматитовая структура, пертитовое сростание, зонарное сростание.

Структуры

Пегматитовая структура образуется в результате одновременной кристаллизации двух компонентов, причем 1) или один из компонентов образует большие кристаллы, проросшие параллельно расположенными кристаллами другого



Фиг. 17. Письменная структура пегматита.

компонента, или 2) оба компонента прорастают друг друга одинаково ориентированными кристаллами. Нередко пегматитовая структура видна простым глазом; необычайно ярким и изящным ее примером может служить так называемый письменный гранит (еврейский камень), в котором крупные кристаллы полевого шпата прорастают параллельно вытянутыми веретенообразными или рыбообразными тельцами темного кварца (ихтиоглиптами) (фиг. 17). При разрезе куска породы перпендикулярно направлению ихтиоглиптов получается поверхность, покрытая подобием древних еврейских писмен.

Но сплошь и рядом пегматитовые сростания бывают настолько мелки и тонки, что наличие различно ориентированных неделимых можно обнаружить лишь с помощью поляризационного микроскопа. В общем в пегматитовых структурах очертания кристаллических компонентов и границы между ними не отличаются правильностью. В другом, пертитовом типе кристаллических сростаний, чрезвычайно характерных для полевых шпатов, два или три компонента отграничиваются друг от друга одной плоскостью, представляя чаще всего чередование тончайших параллельных пластинок. Пертитовые сростания возникают в результате распада твердого изоморфного раствора, при переходе его в новые термодинамические условия, причем растворенная ранее молекула того или иного компонента получает самостоятельное кристаллическое оформление.

Зонарная (зональная) структура проявляется ясно видимым или микроскопическим делением кристалла на ряд тонких, охватывающих друг друга оболочек, различных по химическому составу, цвету, оптическим и другим свойствам. Чаще всего зонарное строение кристалла обуславливается чередованием изоморфных смесей, например меняющихся относительных количеств альбита и анортита в кристалле плагиоклаза. Но причины зонарных структур могут быть и иными, например они могут быть вызваны сложным распределением растворенного кристаллом красящего вещества. В некоторых случаях (например у плавикового шпата) причины окраски отдельных зон не удается установить.

Пойкилитической структурой, свойственной некоторым механическим смесям, называется такое взаимоотношение минералов, при котором кристаллическое вещество одного минерала пронизывается многочисленными сравнительно мелкими зёрнами другого минерала без какой-либо закономерности в распределении. Эти образования получаются при быстрой кристаллизации растворов, захватывающих посторонние примеси. Нередко такие структуры наблюдаются у гипса в пустынях Каракум и Кизилкум. Известным примером пойкилитового строения являются гигантские совершенно правильные, но на $\frac{2}{3}$ переполненные кварцевым песком кристаллы кальцита в песчаниках Фонтенбло близ Парижа.

Псевдоморфозы или ложные формы. Псевдоморфозами называются минералы, принявшие внешнюю форму, обычно не свойственную им, но свойственную другому минералу или даже органическому телу. Например минерал, по внешнему виду напоминающий кубический кристалл пирита, но состоящий из бурого железняка, является псевдоморфозой последнего по пириту.

Различают следующие виды псевдоморфоз:

1. Параморфозы, образование которых происходит путем внутренней молекулярной перегруппировки вещества при сохранении его валового химического состава, например параморфоза кальцита по арагониту и т. п.

2. Псевдоморфозы превращения или изменения первоначального минерала с сохранением части входивших в него элементов, к таким псевдоморфозам относятся гётит по пириту, куприт по халькопириту и пр.

3. Псевдоморфозы вытеснения или замещения, когда первоначально существовавшее вещество нацело заменяется другим, например: первоначальный минерал был представлен кальцитом, медленно, молекула за молекулой, растворяясь и замещаясь кварцем, он мало-по-малу переходит в кварц, так получается псевдоморфоза кварца по кальциту. Такие — метасоматические — замещения развиты в природе необычайно широко, иногда они приводят к образованию залежей полезных ископаемых, например смитсонит ($ZnCO_3$) замещает кальцит в известняках, и пр.

4. Псевдоморфозы заполнения (механические), когда первоначальный минерал растворяется и уносится, оставляя полость, которая в дальнейшем заполняется песком, глиной и т. п.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы исследований минералов чрезвычайно разнообразны. Прежде всего изучаются геологические условия образования минерала, изучается месторождение минерала и весь комплекс сопутствующих ему образований — его парагенезис (см. об этом далее главу „Генезис минералов“). Собранный в поле материал в дальнейшем проходит цикл специальных исследований. Различают предварительное исследование, сводящееся к определению минералов при помощи сравнительно простых приемов и специальных таблиц, и детальное исследование, при котором они изучаются глубоко и всесторонне.

К предварительным исследованиям относятся определения:

- 1) внешней формы минерала или его габитуса;
- 2) окраски минерала;
- 3) блеска;
- 4) спайности и излома;
- 5) твердости;
- 6) удельного веса.

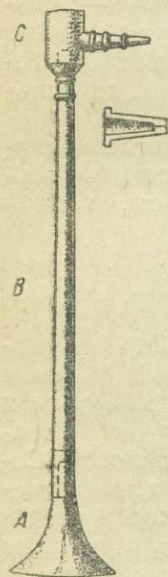
Многие характерные диагностические признаки минерала могут быть, также в порядке предварительного испытания, установлены при помощи паяльной трубки.

Для детального изучения минерала современная аналитическая практика располагает многочисленными средствами: химическим анализом, микрохимическими, хроматическими или пленочными реакциями, магнитометрическими определениями, оптическими исследованиями и др. Микрохимические реакции обычно рассматриваются в курсе аналитической химии; пленочные или хроматические реакции и исследования в магнит-

ном поле детально описываются в пособиях по шлиховому анализу.

Пленочные или хроматические реакции заключаются в том, что зерна минерала обрабатывают соответствующими реактивами, в результате чего на поверхности минерала появляются цветные пленки или восстанавливается металл. Например, если зерно оловянного камня поместить на цинковую пластинку или на цинковую пыль и подействовать кислотой, то выделившийся водород восстановит окись олова до металлического олова, и зерна оловянного камня покроются пленкой металла.

Исследование в магнитном поле заключается в том, что при помощи электромагнита, меняя интенсивность магнитного поля (реостатом), можно разделить минералы по степени магнитности. Простое определение магнитных свойств производится при помощи магнитной стрелки, но последняя недостаточно чувствительна. А. Н. Лабунцов предложил определять магнитные свойства минералов не магнитной стрелкой, а при помощи простой иглы, помещенной между полюсами магнита. При приближении к игле слабо магнитных минералов она начинает дрожать, в то время как магнитная стрелка при этом не реагирует.



Фиг. 18. Паяльная трубка.

Паяльная трубка

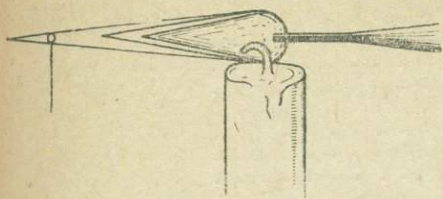
Одним из старых и удобных методов предварительного определения минералов в полевой обстановке является метод определения при помощи паяльной трубки.

Принцип определения минералов паяльной трубкой состоит в том, что посредством высокой температуры достигается — или непосредственно или с помощью реактивов — окисление или восстановление находящихся в минералах химических веществ. Высокой температурой пламени пользуются при этом для ускорения химических реакций, выявления степени плавкости минерала, получения окраски пламени и т. п.

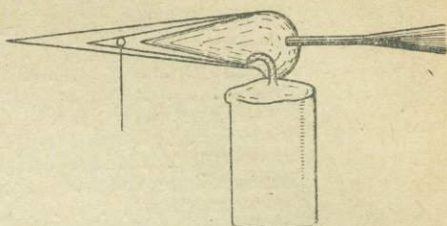
Действие паяльной трубки (фиг. 18) заключается в том, что, вдвывая через нее ртом воздух в пламя масляной, спиртовой горелки или свечи, мы усиливаем приток кислорода, способствуя скорости сгорания углерода и повышению температуры пламени, причем особенности строения пламени выступают с особенной отчетливостью.

Свободное пламя горелки или свечи состоит из ряда облегающих друг друга конусов (см. фиг. 19, 20). Самый внутренний конус пламени имеет низкую температуру, в нем не происходит сгорания углеводов. В среднем конусе происходит

частичное сгорание и раскаливание частичек углерода. Во внешнем конусе происходит полное сгорание. В этой же части пламени имеется и раскаленный воздух с кислородом, не вступившим еще в химическую реакцию с углеродом. В

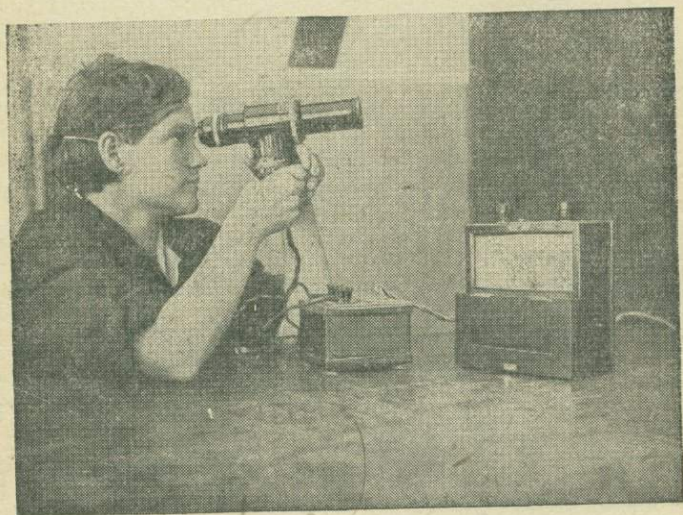


Фиг. 19. Окислительное пламя.



Фиг. 20. Восстановительное пламя

силу этих обстоятельств эта часть внешнего пламени обладает окислительным действием. Средняя часть пламени не только не имеет свободного кислорода, но в ней находятся раскаленные частицы углерода, благодаря чему эта часть пламени является восстановительной.



Фиг. 21. Оптический пирометр.

Пользование трубкой требует известной сноровки. Необходимо научиться дуть ровно и непрерывно в течение известного времени для получения четкого разделения окислительной и восстановительной зоны пламени. Прерывистое дутье дает смешанные реакции, так как восстановительное и окислительное пламя будут быстро чередоваться. Для получения окислительного конуса наконечник трубки вводят во внутренний конус пламени и дуют сильно, для получения конуса восстановительного нужно дуть несколько слабее, едва прикасаясь к поверхности пламени.

Температуру пламени с помощью паяльной трубки можно довести до 1450° и выше.

Приведем некоторые температуры плавления разных веществ и разных минералов (в °С):

Олово	232
Висмут	268
Свинец	326
Цинк	433
Начало свечения	525
Магний	600
Алюминий	655
Темнокрасное каление	700
Каменная соль	766
Начало вишнево-красного каления	800
Вишнево-красное каление	900
Серебро	902
Яркое вишнево-красное каление	1 000
Золото	1 065
Медь	1 080
Оранжевое каление	1 100
Альмандин	1 130
Желтое каление	1 200
Марганец	1 250
Белое каление	1 300
Яркобелое каление	1 400
Ослепительное белое каление	1 500

Для работы с паяльной трубкой необходимы следующие принадлежности:

1. Паяльная трубка.
2. Горелка спиртовая или стеариновая свеча, последнюю лучше держать в особом подсвечнике. В полевых же условиях можно пользоваться любой свечой.
3. Пинцет с зажимом.
4. Платиновая проволочка 5 см длины, 0,4 мм толщины, впаянная в стеклянную палочку или стеклянную трубку.
5. Уголь древесный, по возможности ровный, размером приблизительно но 12 × 7 × 2,5 см.
6. Гипсовые пластинки собственного изготовления из аптекарского обожженного гипса. Гипсовой кашицей смазывают стекло, после схватывания гипса последний режут на пластинки 4 × 8 см.
7. Стеклянные открытые и закрытые трубки из тугоплавкого стекла небольшого размера.
8. Неглазурованная фарфоровая пластинка — бисквит.
9. Магнитная стрелка.
10. Светофильтры или индиговая призма.
11. Сгупки: фарфоровая, агатовая и стальная Абиха.
12. Молоточек весом около 75 г и стальная наковальня 16 см² при 1 см толщины.
13. Пробирки, стаканы, воронки, промывалки.
14. Часовые стекла или чашечки для туши.
15. Фильтровальная бумага.
16. Реактивные банки, склянки и капельницы.

Реактивы сухие

1. Сода Na_2CO_3 или NaHCO_3 (без серы) как пламень для разложения тугоплавких минералов, для восстановления на угле и др.
2. Бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ для сплавления минералов в петле платиновой проволоки.

3. Фосфорная соль $[\text{HNa}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ для разложения минералов в перле на платиновой проволоке. При сплавлении переходит в метафосфорнокислый натр NaPO_3 , обладающий окрашивающей способностью.

4. Реактивная бумага — куркумовая и лакмусовая — для определения характера реакции — щелочной или кислой.

5. Кислый сернокислый калий KHSO_4 для разложения минерала при сплавлении.

6. Смесь Кобелля $[\text{KJ} + \text{KHSO}_4 + 2\text{S}]$ для получения цветных налетов, образуемых иодистыми соединениями тяжелых металлов.

7. Смесь Турнера $[\text{KHSO}_4 + \text{CaF}_2]$ для разложения силикатов и получения окраски пламени.

8. Окись меди CuO для цветной реакции на галоиды.

9. Селитра (KNO_3) для окисления и — в смеси с содой — для разложения хромовых и марганцевых минералов.

10. Гранулированное олово или оловянная фольга для ускорения реакции восстановления.

11. Железные опилки для возгона ртути из киновари.

12. Металлический магний для реакций на фосфорную кислоту.

13. Перекись натрия Na_2O_2 для разложения касситерита, если последнего очень мало в пробе, и для разложения минералов сложного состава.

14. Порошок угля для реакций восстановления.

Жидкие реактивы

1. Дистиллированная вода.

2. Соляная кислота HCl , уд. в. 1,19, содержит 37 весовых процентов HCl , разбавляется равным количеством воды.

3. Азотная кислота HNO_3 , уд. в. 1,38, содержит 62,64% HNO_3 .

4. Царская водка — смесь одной части HNO_3 и трех частей HCl . Приготовляется перед опытом. Эффект действия царской водки заключается в выделении свободного хлора, который растворяет золото, платину и др.

5. Серная кислота H_2SO_4 , уд. в. 1,84, разбавляется в четырех объемах воды. Серная кислота жадно поглощает воду, при этом происходит сильное нагревание. Следует понемногу прибавлять кислоту к воде при помешивании, но не наоборот.

6. Уксусная кислота ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$).

7. Аммиак (NH_4OH).

8. Едкий калий (KOH).

9. Едкий натр (NaOH).

10. Известковая вода [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Негашенная известь CaO взбалтывается в воде, после нескольких часов стояния раствора декантируется (сливается).

11. Баритовая вода [$\text{Ba}(\text{OH})_2$].

12. Многосернистый аммоний $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_4]$. Насыщают (NH_4OH) 20%-ным сероводородом и прибавляют равное количество 20%-го NH_4OH и серный цвет (S), разбавляют двумя объемами воды. Держат в холодном месте.

13. Молибденовокислый аммоний $[(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4]$, реактив на фосфорную кислоту. Растворяют 50 г MoO_3 в смеси 200 cm^3 воды и 40 cm^3 NH_4OH (уд. в. 0,90). Жидкость фильтруют и прибавляют 200 cm^3 HNO_3 (уд. в. 1,42) и 300 cm^3 воды, или готовую соль $[(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4]$, растворяют в воде и прибавляют HNO_3 .

14. Сернокислый магний ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 10%-ый раствор в присутствии солей аммония с фосфорнокислыми и мышьяковокислыми солями дает нерастворимые соли. Приготовляется по мере надобности.

15. Иодистый калий KI — 10%-ный раствор.

16. Уксуснокислый свинец $[\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}] \cdot 47\frac{1}{2}$ г растворяют в 500 cm^3 воды, подкисленной двумя каплями уксусной кислоты, 10%-ный раствор применяется для качественных реакций на H_2S .

17. Хлорное золото (AuCl_3). 1%-ный раствор применяется для открытия незначительных количеств олова.

18. Азотнокислый кобальт $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. Одна часть кристаллической соли растворяется в десяти частях воды, раствор держат в капельнице. Реакции ведут на угле в окислительном пламени.

19. Углекислый аммоний $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$. Раствор 10 г на 100 см³ воды.
20. Щавелевокислый аммоний $[(\text{NH}_4)_2\cdot\text{C}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$. 20 г растворяют в 500 см³ воды.
21. Хлористый барий $(\text{BaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O})$. 10 г растворяют в 100 см³ воды.
22. Азотнокислое серебро (AgNO_3) . 21¹/₂ г растворяют в 500 см³ воды. Раствор на свету не держат.
23. Фосфоронатриевая соль $(\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O})$. 30 г растворяют в 500 см³ воды.
24. Железисто-синеродистый калий — желтая кровавая соль $[\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}]$. 26¹/₂ г растворяют в 500 см³ воды.
25. Железосинеродистый калий — красная кровавая соль $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$. 27¹/₂ г растворяют в 500 см³ воды.
26. Перекись водорода H_2O_2 . 3%-ный раствор держать в темной склянке.
27. Диметилглиоксим $[(\text{CH}_3)_2\text{C}_2(\text{NOH})_2]$. Раствор одной части в ста частях спирта; реактив на никель и на платину.
28. Спирт этиловый $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ — 95%-ный.
29. НВг для определения золота.

Метод работы с паяльной трубкой осваивается на практических занятиях. По этому методу имеются достаточно подробные руководства; поэтому здесь мы опишем в общих чертах лишь некоторые определения минералов:

- а) определение плавкости минералов,
- б) окрашивание пламени,
- в) окраска перла буры,
- г) окраска перла фосфорной соли,
- д) получение налетов на угле и на гипсовой пластинке,
- е) получение серной печени и королька,
- ж) и испытания в закрытой и открытой трубке,
- з) специальные реакции.

а) Определение плавкости минерала

Захваченный пинцетом или петлей платиновой проволоочки острый осколок минерала помещают в конце синего конуса, в несветящейся части пламени. Плавким считается минерал, осколок которого (не более 0,5 мм толщины) начинает при этом слегка закружаться; легкоплавким называют минерал, у которого края осколка сплавляются в шарик. Некоторые минералы растрескиваются в пламени по спайности, рассыпаются, другие вспучиваются и пенятся, третьи меняют свой цвет; наконец, имеются такие неплавкие минералы, которые не обнаруживают никаких изменений. В минералогии принята условная семибальная шкала плавкости минералов.

1. **Антимонит** (Sb_2S_3) легко плавится в светящемся пламени, осколки легко сплавляются в закрытой трубке при красном калении.
2. **Халькопирит** $(\text{Cu}_2\text{FeS}_4)$ в тонких (до 1,5 мм) осколках плавится в светящемся пламени; в закрытой трубке небольшие осколки плавятся при красном калении.
3. **Альмандин** $(\text{FeAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\cdot \text{Fe}_2\text{SiO}_4)$ в светящемся пламени осколки округляются, в пламени паяльной трубки быстро сплавляются в шарик.
4. **Актинолит** $[\text{CaSiO}_3\cdot 3(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3]$ в пламени паяльной трубки края осколков легко закружаются.
5. **Ортоклаз** $(\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16})$ края осколков закружаются с трудом; тончайшие осколки сплавляются в шарик.
6. **Бронзит** $[(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3]$ закружаются лишь самые острые углы.
7. **Кварц** (SiO_2) совершенно не плавится.

б) Окрашивание пламени

Некоторые летучие вещества обладают способностью окрашивать пламя паяльной трубки. Этим свойством пользуются для качественного определения этих веществ. Тонкие осколки или порошки испытуемых минералов накаливают в пламени паяльной трубки, поддерживая их платиновой проволокой или пинцетом с платиновым наконечником, предварительно эти вещества смачивают HCl , или HNO_3 , или H_2SO_4 ; на присутствие того или иного элемента указывают следующие окраски пламени:

Na — очень стойкая, желтая окраска, мешающая другим определениям;

K — фиолетовая (во избежание маскировки пламени желтой окраской от натрия смотрят через индиговую призму, синее кобальтовое стекло или пользуются ручным спектроскопом);

Ca — кирпично-красная окраска;

Sr — кармино-красная;

Li — багряно-красная;

Ba — желто-зеленая, устойчивая;

V — желто-зеленая;

Cu — изумрудно-зеленая с HNO_3 и небесно-голубая с HCl ;

Th — травяно-зеленая.

в) Окраска перла буры

Некоторые металлы при сплавлении с бурой дают окрашенные стекла; при окислении или восстановлении характер этой окраски меняется. Как сама окраска, так и характер ее изменения служат диагностическим признаком. Для этого определения в ушке платиновой проволоки получают перл буры, и к раскаленному перлу присаживают немного порошка испытуемого минерала. Рассматриваются перлы по охлаждению: в горячем состоянии у них может быть другая окраска.

Окраски некоторых металлов

В окислительном пламени

Fe — желтая

Cu — голубая

Cr — зеленая

Mn — красновато-фиолетовая

Co — темно-голубая

Ni — красновато-коричневая

U — желтая

В восстановительном пламени

Fe — бутылочно-зеленая,

Cu — перл непрозрачный, красный

Cr — зеленая

Mn — бесцветная

Co — темно-голубая

Ni — перл непрозрачный серый

U — светлозеленая окраска

г) Перл фосфорной соли

В этом случае вместо буры пользуются перлом фосфорной соли. Рассматриваются холодные перлы. Соответствующие окраски для перлов некоторых металлов приведены ниже:

В окислительном пламени

Fe — перл бесцветный до коричневатого-красного
 Cu — голубой
 Cr — зеленый
 Mn — фиолетовый
 Co — синий
 Ni — желтый
 U — желтовато-зеленый
 W — бесцветный
 Mo — яркозеленый
 Ti — бесцветный

В восстановительном пламени

Fe — красноватый
 Cu — непрозрачный — красный
 Cr — зеленый
 Mn — бесцветный
 Co — синий
 Ni — красновато-желтый
 U — яркозеленый
 W — синевато-зеленый
 Mo — зеленый
 Ti — фиолетовый

д) Налеты на угле

Поместив порошок испытуемого вещества (или смеси его с содой и бурой) на краю угля в небольшом углублении и действуя на него окислительным или восстановительным пламенем, наблюдают за появлением на холодной части угля белых или характерно окрашенных налетов (большею частью металлических окислов). Дополнительными диагностическими признаками служат при этом образование дыма, свечение, окрашивание пламени, запах.

As — дает белый дым с резким запахом чеснока; вдали от пробы — белый налет;

Sb — белый дым и белый с голубоватым оттенком налет;

Zn — белый в холодном состоянии и желтый в горячем;

Pb — желтый — холодный и темно-желтовато-зеленый горячий;

Bi — желто-оранжевый холодный и темнооранжевый горячий;

Sn — белый или светложелтый холодный и темножелтый горячий;

Mo — белый холодный, желтый горячий. В восстановительном пламени налет становится бархатно-синим.

Белые налеты на угле или прокаленные минералы смачиваются азотнокислым кобальтом и нагреваются в окислительном пламени, в результате чего получают окрашенные комплексные соединения кобальта, например алюминаты (CoOAl_2O_3) или цинкаты ($\text{CoO} \cdot \text{ZnO}$).

Zn — дает травяно-зеленую окраску (налет);

Al — синюю (прокаленный минерал);

Sn — голубовато-зеленую (налет);

Sb — грязно-зеленую (налет);

Mg — розовую (прокаленный минерал).

При этих испытаниях следует остерегаться восстановительного пламени, так как в нем испытуемое вещество окрашивается в черный цвет.

Налеты в окислительном пламени с KJ и S

На угле	На гипсовой пластинке
PbJ ₂ — зелено-желтый	PbJ ₂ — хромово-желтый
BiJ ₃ — багряно-красный	BiJ ₃ — шоколадно-коричневый
HgJ — зеленовато-желтый	HgJ — багряный
Mo — не дает налета	Mo — голубой

е) Серная печень

При сплавлении содержащих серу минералов с содой на угле получается так называемая серная печень, в состав которой входит сернистый натрий. Смоченная водой и положенная на серебряную монету серная печень дает черное пятно. Это объясняется разложением сернистого натрия с выделением сероводорода: последний вызывает почернение серебра от образования Ag₂S. В дальнейшем сернистые и серноокислые соединения распознаются по результатам прокаливанию в открытой трубке. Сернистые минералы окисляются и выделяют SO₂; серноокислые минералы этой реакции не дают.

Прокаливанием в открытой трубке легко получить характерные налеты мышьяка и сурьмы. Ближе к пробе ложится налет трехоксида сурьмы; мышьяковистый ангидрид сгущается на далеком расстоянии от пробы. В закрытой трубке обычно определяют присутствие воды, пары которой конденсируются в холодной части трубки; лакмусовой бумагой определяют характер выделившейся воды: при кислой реакции бумага краснеет, а при щелочной — синеет. В закрытой трубке определяют также ртуть — по блестящему возгону.

ж) Получение корольков металлов на угле в восстановительном пламени

Смешиваются две части соды и одна часть порошка минерала. Действуя на смесь восстановительным пламенем, можно обнаружить следующие металлы:

- Ag — серебряно-белый подвижной корольек; при охлаждении корольек сохраняет свой блеск;
- Pb — легко получаемый светлый корольек; при охлаждении корольек быстро тускнеет;
- Sb — трудно получаемый белый корольек (смешивают две части соды, одну часть угля и одну часть минерала);
- Cu — трудно получаемый красный корольек, чаще спекшаяся губчатая красная масса;
- Fe — магнитный шарик; чрезвычайно редко удается получить корольек металлического железа;
- Au — желтый корольек.

з) Специальные реакции

Порошок минерала сплавляют с содой на угле, сплав кипятят в HCl, прибавляют оловянную фольгу. В полевой об-

становке образцы минералов кипятят в консервной (луженой) банке; таким образом могут быть открыты:

W — синяя окраска,

Ti — фиолетовая,

Nb — светлоголубая,

V — голубовато-фиолетовая или голубовато-зеленая.

Кальцит от арагонита отличают при помощи реакции с азотнокислым кобальтом. Крупинки минерала обрабатывают в пробирке при кипячении с раствором азотнокислого кобальта; арагонит при этом становится лиловым, а кальцит — желтоватым.

Люминисцентный анализ

Свечение минералов может быть вызвано разными способами, например нагреванием, давлением, облучением. В данном случае рассматривается свечение, вызываемое облучением минералов ультрафиолетовыми или катодными лучами.

При воздействии ультрафиолетовых лучей на поверхность твердого, без металлического блеска, минерала (лучше на свежий его излом, а не на кристаллическую грань) поверхность начинает светиться слабым определенно окрашенным светом. Это свечение более заметно в темноте и объясняется тем, что при воздействии коротких волн происходит возбуждение некоторых электронов ионной решетки кристалла. По закону Стокса, длина волны света, полученная после возбуждения атома, более длинны волны возбуждающего источника света. Таким образом, ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 1300 Å до 3500 Å при воздействии на ионы кристаллической решетки минерала могут дать свечение уже видимой части спектра. Сокращенную таблицу свечения минералов приводим по американским авторам Смиту и Парсону.

Русскими учеными, профессорами Комовским, Богословским, Флинтом, Пилипенко и другими, разрабатывается определение минералов по методу ультрафиолетового облучения. Наиболее простой способ облучения минералов был предложен проф. Комовским¹. Прибор последнего состоит из магнето, способного давать напряжение порядка 15—20 kW с включением в контур напряжения конденсатором емкостью 0,0035 μF; ящик с этим прибором соединяется при помощи шнура с разрядной трубкой, состоящей из деревянной ручки и металлического патрона с железными электродами, между которыми получается искра, богатая ультрафиолетовыми лучами. Патроном действуют, как прожектором, облучая исследуемые минералы (фиг. 22).

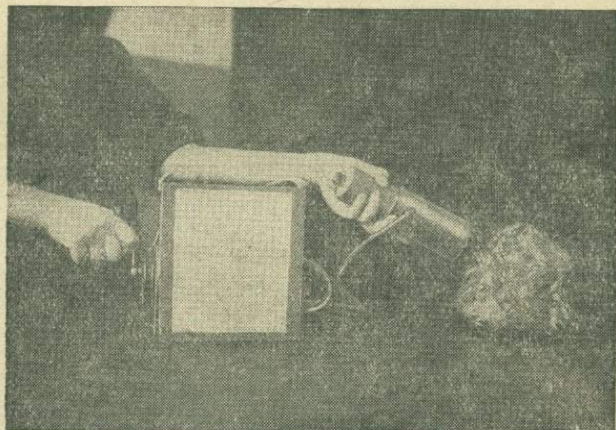
При помощи этого аппарата производится преимущественно определение шеелита (CaWO₄) непосредственно в забое рудника. Для стационарных исследований пользуются обычно

¹ Г. Комовский и Ф. Аболенский. Люминисценция минералов и аппаратура для ее исследования, „Пробл. сов. геологии“, № 4, 1938.

Длина волны	Отэнит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ Отэн, Франция	Барит BaSO_4 Прибрам, Чехия	Барит BaSO_4 Шемниц, Венгрия	Англезит PbSO_4 Фениксвилл, Пенсильвания	Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Беннетт	Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Чикаго, Иллинойс	Шеелит CaWO_4 Чехия	Шеелит CaWO_4 Калифорния
2652 Å	Зеленый	Голубой	0	Зелено-желтый	0	0	Голубой	Голубой
2700 Å	То же	То же	Слабозеленый	То же	Желто-оранжевый	0	То же	То же
2752 Å	"	"	То же	"	То же	0	"	"
2804 Å	"	"	"	"	"	Голубой	"	"
2834 Å	"	0	"	"	"	0	"	"
2925 Å	"	0	"	"	"	0	"	"
2925 Å	"	0	"	"	"	Голубой	"	"
2967 Å	"	0	"	"	"	То же	"	"
3024 Å	"	Голубой	"	"	"	"	0	0
3128 Å	"	Голубовато-зеленый	"	"	Желтый	"	0	0
3341 Å	"	Зеленый	"	"	"	"	0	0
3650 Å	"	Желто-кремовый	"	"	Оранжево-желтый	Голубовато-зеленый	0	0
4047 Å	"	0	0	Желтый	То же	0	0	0

кварцевыми ртутными лампами с светофильтрами из никелевого кварцевого стекла, которые пропускают только ультрафиолетовый свет.

Катодная люминисценция минералов может наблюдаться в замкнутой камере, в которой давление газов низведено до величины 0,02—0,005 мм ртутного столба. Этот вакуум получается при помощи масляного насоса Комовского. Свечение минерала, заметное в темноте, связано с действием электронов, бегущих от катода и попадающих на поверхностные ионы



Фиг. 22. Прибор Комовского для определения люминисценции минералов.

кристаллической решетки минерала. Проф. Комовским предложена чрезвычайно удобная аппаратура для исследования минералов при помощи катодной люминисценции.

При помощи люминисцентного анализа определяются преимущественно шеелит, циркон, плавиковый шпат, корунд, волластонит, кальцит и др. Этот метод применяется для быстрой диагностики минералов, причем при ультрафиолетовом облучении можно определять минералы в крупных штуфах.

Детальные исследования

Кристаллические минералы прежде всего исследуются на гониометре для определения углов между их гранями; таким образом, определяется кристаллический класс минерала.

Методы гониометрического исследования подробно разбираются в курсах кристаллографии.

После кристаллографического определения и предварительного определения цвета, блеска, твердости, удельного веса и других физических свойств, минерал подвергается детальному химическому анализу, методы которого излагаются в курсе

аналитической химии. Ниже мы приведем некоторые сведения о вычислении химической формулы минералов.

Кроме химических исследований, к детальному исследованию минералов относятся: спектрографическое исследование, предварительные сведения о котором учащиеся получили из курса физики, кристаллооптические методы, к которым относятся исследования под микроскопом в проходящем и отраженном свете. Об одном из этих методов, а именно, иммерзионном, будет сказано ниже. Наконец, минералы исследуются при помощи термического, радиотермического, рентгеноструктурного методов, о которых ниже также сообщаются краткие сведения.

Вычисление химической формулы минерала

Если химические вещества вступают между собой в соединения в эквивалентных количествах, химическая их формула вычисляется легко на основе закона соединительных весов. Согласно этому закону, весовые количества элементов, входящих в химическое соединение, относятся друг к другу как соединительные (атомные) веса этих элементов. Поэтому для вывода формулы сложного вещества достаточно разделить полученное путем анализа процентное содержание каждого компонента на его атомный вес, и, взяв наименьшее из полученных частных за единицу, выразить отношения между компонентами в простых числах.

Для примера выведем формулу *барита*, содержащего, по данным анализа, 58,8% Ва, 13,7% S и 27,5% О. Разделив эти числа на соответственные атомные веса (округленные для простоты), получаем эквиваленты:

$$\text{для Ва} - \frac{58,8}{137} = 0,429; \text{ для S} - \frac{13,7}{32} = 0,429; \text{ для О} - \frac{27,5}{16} = 1,7187.$$

0,429:0,429:1,7187 относятся друг к другу как 1:1:4, т. е. на 1 соединительный вес бария приходится 1 соединительный вес серы и четыре соединительных веса кислорода, что соответствует формуле BaSO_4 .

Количественное определение окиси железа и воды в *гётите* дает следующие результаты:

$$\begin{array}{r} \text{Fe}_2\text{O}_3 = 89,92\% \\ \text{H}_2\text{O} = 10,22\% \\ \hline 100,14 \end{array}$$

$$\text{Грамм-молекула Fe}_2\text{O}_3 = (56 \times 2) + (16 \times 3) = 160$$

$$\text{Грамм-молекула H}_2\text{O} = 2 + 16 = 18$$

$$\text{Сумма} = 178$$

$$\text{Эквивалент Fe}_2\text{O}_3 = \frac{89,92}{160} = 0,562.$$

$$\text{Эквивалент } \text{H}_2\text{O} = \frac{10,22}{18} = 0,567.$$

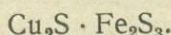
0,562:0,567 = 1:1, поэтому формула гётита будет $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Анализ медного колчедана:

Процентное содержание	Ат. веса	Эквиваленты	Приведение к единице
S = 35,87	S — 32,1	$\frac{35,87}{32,1} = 1,117$	2
Cu = 34,40	Cu — 63,3	$\frac{34,40}{63,3} = 0,543$	1
Fe = 30,47	Fe — 56,0	$\frac{30,47}{56,0} = 0,544$	1

Сумма = 100,74

откуда формула минерала CuFeS_2 . Можно также писать $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$ или



Для вычисления химической формулы изоморфных смесей пользуются следующим приемом, который учащийся поймет из разбора анализа монгеймита.

Состав монгеймита:

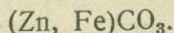
Fe — 21,13%, атомный вес 55,8
Zn — 29,43%, атомный вес 65,9
CO_3 — 49,80%, атомный вес 60

100,36%

Вычисляем эквиваленты:

$$\text{Fe} \frac{21,13}{55,8} = 0,38; \text{Zn} \frac{29,43}{65,4} = 0,45; \text{CO}_3 \frac{49,80}{60} = 0,83,$$

или для $\text{CO}_3 = 0,83$ и для $\text{Fe} + \text{Zn} = 0,38 + 0,45 = 0,83$. Следовательно, Zn + Fe соответствуют единице и CO_3 — также единице эквивалента, таким образом, искомая формула будет:

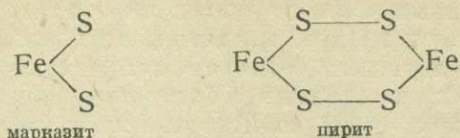


Вещества, обнаруживаемые в минимальных количествах спектральным или полярографическим анализом, в формулу минерала обычно не включают.

Формула, вычисленная на основании химического анализа минерала, называется эмпирической; так, для медного колчедана первая и вторая формулы будут эмпирическими формулами. Рациональной или конституционной формулой называется такая, в которой уже дается известное представление о группировке элементов и о химическом типе соединения; для медного колчедана третья формула уже будет консти-

туционной; она говорит, что это сульфосоле, т. е. соединение сульфосоле основания меди и сульфида железа, играющего роль сульфогидрида.

Наконец, имеются еще структурные формулы, которые указывают на предполагаемую атомную связь. Так, например, можно привести формулу пирита и марказита:



Давая кольцевое строение для пирита, хотят указать, что пирит устойчивее марказита. Открытая цепь марказита дает возможность легче окислить серу, чем замкнутая цепь пирита.

После открытия пространственных решеток кристаллов, в узлах которых находятся положительные и отрицательные ионы, надобность в структурных формулах отпала. Эмпирические формулы некоторых минералов представляют слишком трудный материал для запоминания, благодаря своей громоздкости, поэтому в данном руководстве мы будем пользоваться легче запоминаемыми конституционными формулами.

Оптические методы исследования минералов

Прозрачные минералы легко распознаются по их оптическим свойствам. В частности очень характерны для каждого минерала: 1) показатель преломления; 2) двойное лучепреломление; 3) плеохроизм; 4) угол погасания (для минералов моноклинической и триклинической сингонии) и некоторые другие свойства. К наиболее важным для минералога оптическим константам минералов относятся два первые из названных свойств. Дадим общее о них представление.

При переходе светового луча из одной среды в другую, например из воздуха в воду, из воды в стекло (и наоборот), или из воздуха в среду прозрачного минерала, на границе двух сред происходит преломление луча. Величина (N) этого преломления измеряется отношением синусов; 1) угла падения (i) (образуемого падающим лучом и перпендикуляром к границе преломляющей среды) и 2) угла преломления (r):

$$N = \frac{\sin i}{\sin r} .$$

Величина показателя преломления (N) минералов колеблется в широких пределах: от 1,309 (лед) до 3,22 (железный блеск). Таким образом, можно различать минералы: 1) с низким показателем преломления (гипс, кварц, мусковит, флюорит, микроклин, содалит и др.); 2) со средним показателем преломления (апатит, топаз, кальцит, оливин, турмалин, роговая обманка и др.) и 3) с высоким показателем преломления (рутил, циркон, алмаз, касситерит и др.).

Величина показателя преломления остается неизменной по всем направлениям лишь для минералов изотропных, т. е. аморфных или принадлежащих к правильной системе; все остальные минералы — анизотропны, и показатели преломления у них различны по различным векторам.

Есть еще одно важное различие между оптическими свойствами изотропных и анизотропных минералов: первые только преломляют световой луч, входящий в их прозрачную среду, вторые, кроме того, его раздваивают, разлагают на два луча, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях; каждому из этих лучей свойственна своя скорость распространения (v) и свое светопреломление (N). Из курса физики известно, что эти две величины обратно пропорциональны друг другу.

Для ориентировки в явлениях двойного лучепреломления кристаллооптика (см. Д. С. Белянкин) вводит условное понятие о световой плотности, как о факторе, обуславливающем как скорость распространения луча (v), так и светопреломление (N). В изотропных телах световая плотность одинакова во всех направлениях, и световые колебания могут совершаться одинаково во всех направлениях, перпендикулярных лучу. Согласно развиваемым в оптике представлениям, направление колебаний непрерывно меняется, вращаясь вокруг луча, подобно спицам быстро вращающегося колеса. В анизотропных телах световая плотность — векториальна. Она меняется с направлением, изменяясь по закону эллипсоида.

Нормальным сечением эллипсоида является эллипс. Световые колебания в эллиптическом сечении совершаются только по его взаимно перпендикулярным осям; на эти осевые колебания разлагаются, по правилу параллелограмма, все промежуточные колебания, в результате чего и возникает раздвоение лучей или двупреломление.

Так как величины световых плотностей и величины соответствующих показателей преломления прямо пропорциональны, то эллипсоид световой плотности мы можем считать равнозначным эллипсоиду светопреломления, называемому обыкновенно индикатрисой.

Классификация типов индикатрис складывается (по Д. С. Белянкину) следующим образом:

1. Эллипсоид, у которого все три главные полуоси имеют различные значения: N_g (наибольшая); N_m (средняя) и N_p (наименьшая). Всего здесь, таким образом, три главных сечения: $N_g - N_p$ (фиг. 23, I), $N_g - N_m$ (фиг. 23, II) и $N_m - N_p$ (фиг. 23, III). Весьма характерно первое из них: $N_g - N_p$. Очевидно, что перпендикулярно ему (т. е. перпендикулярно бумаге) проходит N_m и одновременно — очень большое количество эллиптических сечений. Одна полуось любого такого сечения равна N_m ; другая меняется при переходе от одного эллипса к другому в пределах от N_g до N_p . Но очевидно, что в этих пределах имеется и значение вектора N_m , и через него

должно проходить сечение $Nm - Nm$ (одна ось в плоскости бумаги, другая — перпендикулярно ей), или, другими словами, — круговое сечение радиуса Nm .

Рассматривая фиг. 23, мы видим, что в эллипсоиде о трех главных осях имеются два таких круговых сечения, симметрично расположенных относительно Ng и Np . Линии AA , перпендикулярные этим круговым сечениям, называются оптическими осями.

Это — оси изотропности; лучи, распространяющиеся по их направлению, не раздваиваются; двойного лучепреломления не происходит.

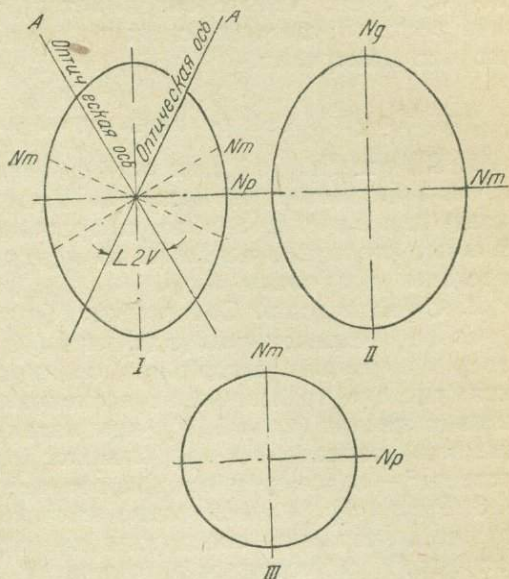
Угол между оптическими осями ($2V$) изменяется (в зависимости от значений векторов Ng и Np) в пределах от 0 до 180° ($\pm 90^\circ$). Главная ось индикатрисы, делящая пополам острый угол между оптическими осями, зовется острой биссектрисой, а равноделящая тупой угол — тупой биссектрисой; Nm в свою очередь получает наименование оптической нормали.

Двуосная индикатриса, т. е. две оси изотропности свойственны кристаллам ромбической, моноклинной и триклинной сингонии (не имеющим главных осей симметрии). В ромбических кристаллах с их прямоугольной системой кристаллических осей последние служат и главными осями оптической индикатрисы: (Ng , Nm и Np).

2. От двуосной индикатрисы легко перейти к одноосной, при этом тупая биссектриса выравнивается с оптической нормалью, а оптические оси, при уменьшении до нуля, сливаются с острой биссектрисой, обращаясь теперь в одну единственную оптическую ось кристалла.

Одноосная индикатриса свойственна кристаллам гексагональной и квадратной сингонии. Это — одноосные кристаллы.

3. В случае выравнивания между собою всех трех главных осей индикатрисы: $Ng = Nm = Np$, эллипсоид превращается в шар, т. е. вещество теряет свою оптическую векториальность, становится оптически изотропным, каковыми являются аморфные вещества и кристаллы кубической системы.



Фиг. 23. Эллипсоид светопреломления (индикатриса).

I — сечение $Ng - Np$; II — сечение $Ng - Nm$; III — сечение $Nm - Np$.

Оптические свойства минералов, в целях диагностики минералов и горных пород, изучаются с помощью поляризационного микроскопа.

Описание поляризационного микроскопа и изложение приемов микроскопического исследования излагаются в курсах кристаллооптики¹. Здесь мы, следуя сжато описанию Ф. Ю. Левинсона-Лессинга и Д. С. Белянкина („Петрографические таблицы“, изд. VI), перечислим только те важнейшие оптические реакции, которые служат для микроскопической характеристики минералов.

а) Наблюдения при одном нижнем никеле

1. Внешний облик минерала. Кристаллы с гранями, зерна, выполнения промежутков между другими минералами, включения в них, взаимные прорастания минералов. Таблицы, призмы, иглоочки, агрегаты из мелких чешуек, стебельчатые агрегаты, сферолиты и пр.

2. Спайность. Совершенная (прямые, ровные трещинки) и несовершенная; пинакоидальная (одно направление; весьма совершенная пинакоидальная спайность — таблички), кубическая (система трещинок, пересекающихся под прямым углом), октаэдрическая (угол 109°), призматическая: одна система трещинок в разрезах по продольнику призмы и две² или три системы³ — в поперечном направлении и проч.

3. Рельеф. Относительно канадского бальзама и отчасти других минералов, соседних с данным: слабый или сильный. Последний наблюдается в том случае, когда светопреломление минерала резко отличается от светопреломления канадского бальзама: минерал резко выступает из него, кажется неровным, шероховатым и пр. У большинства породообразующих минералов рельеф положительный ($N_{\text{минер.}} > N_{\text{кан. бальз.}}$); отрицательный рельеф ($N_{\text{минер.}} < N_{\text{кан. бальз.}}$) — у лейцита, цеолитов, плавикового шпата и пр.

Знак рельефа распознается по линии Бекке: светлой полоске, появляющейся на границе двух сред с разными показателями преломления и переходящей на среду с высшим при поднимании тубуса микроскопа, а на среду с низким — при опускании тубуса.

Когда исследование производится не в шлифе, а в изолированных зернышках минерала, то применяется ряд так называемых иммерсионных жидкостей с разными и точно опреде-

¹ Белянкин Д. С. Кристаллооптика. Ленинград, 1930.

Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Руководство для оптического исследования кристаллов под микроскопом. СПб, 1907.

Лодочников В. Н. Основы микроскопических методов исследования кристаллического вещества. 1931.

² Под прямым углом — в квадратных кристаллах; под углом, отличным от прямого, — в ромбических, моноклинических и триклинических призмах.

³ В гексагональных кристаллах, угол 60° .

ленными на рефрактометре показателями преломления. Погружая минерал в ту или иную жидкость и контролируя каждый раз относительное его светопреломление при помощи линии Бекке, удастся довольно точно определить N минерала (см. ниже иммерзионный метод).

4. Окраска, абсорбция и плеохроизм. Абсорбция — смена интенсивности окраски с направлением; плеохроизм — векториальная цветность окраски. В большинстве случаев присутствуют одновременно и наблюдаются при вращении столика микроскопа. Наиболее чистые окраски через 90° одна после другой, — по осям эллипса поглощения в разрезе минерала.

б) Наблюдения при скрещенных николях микроскопа в параллельном свете

1. Двойное преломление. Поле зрения микроскопа, как известно, затемняется при введении в его тубус анализатора, скрещенного с поляризатором. Двокопреломляющий кристалл нарушает эту темноту; при скрещенных николях он кажется освещенным. Затемняется он в этом случае только при вращении столика, каждый раз тогда, когда оси эллиптического сечения его индикатрисы приходят в положение, параллельное главным сечениям николей (т. е. нитям окулярного креста). При полном обороте столика на 360° будет, очевидно, четыре таких положения, через 90° каждое.

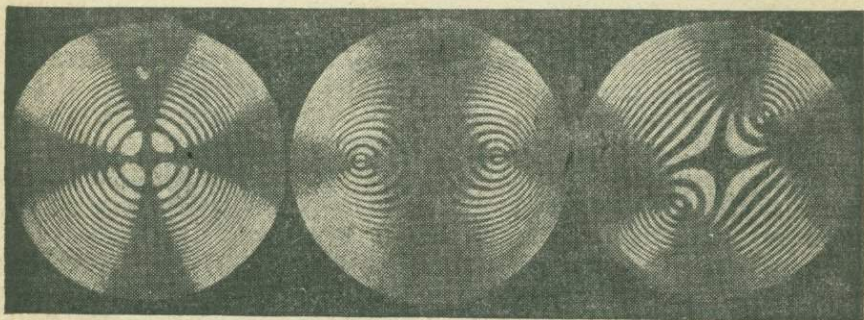
2. Слабое и сильное двупреломление. В качестве практического критерия может служить высота интерференционной окраски, обозначающая разность хода двух лучей — Δ , возникающих в пластинке минерала. Отсюда двупреломление определяют по формуле $Ng - Np = \frac{\Delta_{\text{макс}}}{e}$, где $Ng - Np$ обозначает максимальное двупреломление минерала в пластинке, вырезанной параллельно плоскости оптических осей, а e — толщину пластинки. Последняя измеряется непосредственно или же о ней судят по интерференционной окраске кварца в том же микроскопическом препарате (максимальное двупреломление кварца $N_e - N_o = 0,009$). Разность хода Δ , отвечающая данной интерференционной окраске, находится по таблицам или же при помощи специальных приборов вроде кварцевого клина и пр.

3. Прямое и косое погасание. Первое обозначает совпадение между собой кристаллических осей и осей индикатрисы в минерале, второе наблюдается при отсутствии такого совпадения. Кристаллические оси маркируются или по контурам разрезов, или по трещинам спайности, или по двойниковым швам (см. ниже) минерала, предполагая, что эти оси располагаются параллельно или диагонально к означенным геометрическим элементам минерала. Устанавливаем предполагаемую кристаллическую ось в совпадение с которой-нибудь нитью окуляра. Если при скрещенных николях микроскопа

минерал потемнеет, то очевидно, что с той же нитью окуляра совпадает теперь и одна из осей данного сечения индикатрисы, и, таким образом, погасание будет, наоборот, обозначать и отсутствие совпадения рассматриваемых геометрических и оптических элементов кристалла и тем самым — косое его погасание.

Прямое погасание наблюдается в одноосных и ромбических кристаллах, а равно и в моноклинических, но только в разрезах этих последних по L_2 . Косое погасание — в кристаллах триклинической системы и во всех разрезах моноклинических, не параллельных L_2 .

Угол между следом кристаллической оси и которой-нибудь осью сечения индикатрисы есть угол погасания: на него нужно повернуть столик микроскопа, — считая от установки геометрического элемента в совпадение с нитью окуляра, —



Фиг. 24. Интерференционные фигуры в сходящемся свете.

чтобы погасить кристаллик. Величина углов погасания, индивидуальная для каждого минерала, меняется в то же время с направлением разреза. Часто говорят о максимальном угле погасания для всех вообще разрезов данного минерала в шлифе. В минералах моноклинической системы это отвечает разрезам перпендикулярно L_2 .

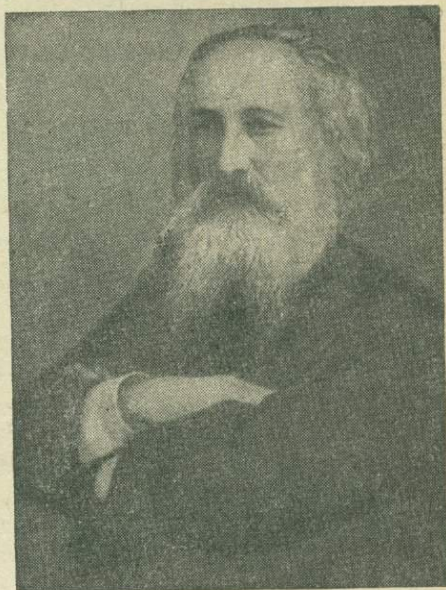
4. Двойники. Индикатрисы того и другого из двух индивидов, входящих в двойниковое образование, занимают каждая самостоятельное геометрическое положение. Следствием является то, что оба индивида не могут быть погашены одновременно: когда вращением столика затемняется один индивид, то другой кажется освещенным. Границей служит двойниковый шов между ними. Так как шов этот дает нам след плоскости, то относительно его мы ориентируем часто и угол погасания. Симметричное погасание, на одинаковые углы от двойникового шва в обоих индивидах, обозначает расположение двойниковой плоскости, перпендикулярное разрезу минерала.

Полисинтетические, или повторные, двойники по одному

или двум поперечным, одно относительно другого, направлениям наблюдаются у плагиоклазов, у микроклина и у других минералов. Минерал при скрещенных николях кажется полосатым или решетчатым.

Весьма важными для ориентировки в оптической индикатрисе кристалла являются наблюдения при скрещенных николях в коническом пучке лучей, так называемом сходящемся свете. Для получения последнего вдвигается в микроскопе под препарат специальная добавочная линза (линза Лазо).

Применяются одновременно сильные увеличения микроскопа. Возникают в сходящемся свете оригинальные интерференционные фигуры, как, например, темный крест и цветные кольца в случае разреза одноосного кристалла перпендикулярно оптической оси (фиг. 24), или тот же крест с двумя системами двойных кривых (так называемых лемнискат) в разрезе двuosных кристаллов перпендикулярно острой биссектрисе и при установке двух остальных главных осей индикатрисы параллельно николям. При вращении столика с препаратом крест в первом случае не меняет своего положения и формы, а во втором он раскрывается в гиперболу. Наибольшее расстояние между вершинами гиперболы, отвечающими выходам оптических осей, имеет место при повороте столика на 45° . Измеряя это расстояние или же кривизну гиперболы, определяют угол оптических осей в индикатрисе $= 2V$ в кристалле или $2E$ по выходе их в воздух.



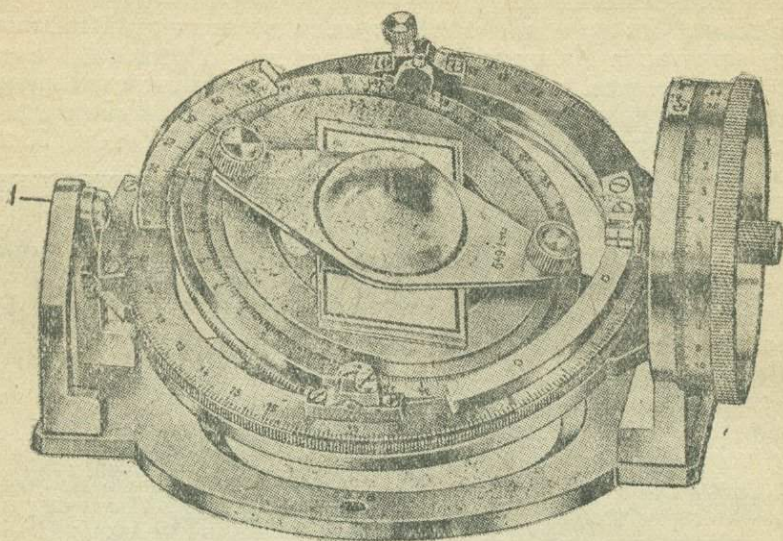
Акад. Е. С. Федоров.

Для точного определения $2V$ и ряда других оптических констант кристалла применяется также столик Федорова Е. С. (фиг. 25), позволяющий вращать препарат не только вокруг оси микроскопа, но также и вокруг собственных взаимно перпендикулярных осей столика. Это дает возможность измерять характерные угловые величины в кристалле.

Иммерсионный метод

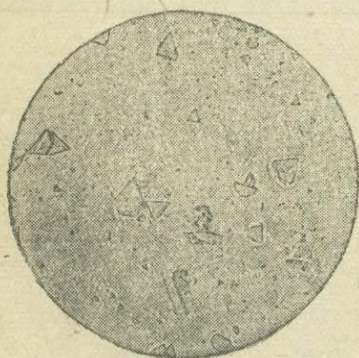
Ниже мы дадим более подробное представление о широко распространенном методе определения показателя преломления — об иммерсионном методе.

Бекке предложил определить показатель преломления минерала по светлой полоске, получающейся в результате полного внутреннего отражения света на границе двух минералов

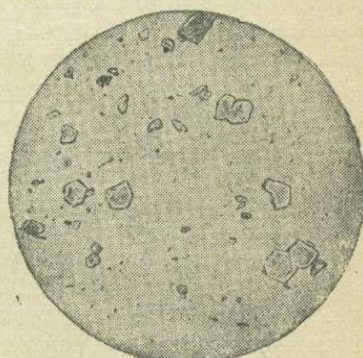


Фиг. 25. Универсальный столик Федорова.

или минерала и жидкости. Эта полоска получила название полоски или линии Бекке. Свет, падающий под очень острым углом на границу минерала и жидкости, помещенных на предметном стекле микроскопа, претерпевает полное внутреннее



Фиг. 26. Большой показатель преломления у кристалла.



Фиг. 27. Большой показатель преломления у жидкости.

отражение; в результате при подъеме тубуса микроскопа светлая полоска Бекке перемещается в сторону вещества с большим показателем преломления. На прилагаемых микрофотографиях видна эта линия (фиг. 26, 27).

Если исследователь располагает большим набором жидкостей с разными показателями преломления, то, погружая исследуемый минерал в разные жидкости и сравнивая его светопреломление со светопреломлением жидкости, он может подобрать момент равенства светопреломления минерала и жидкости.

Этот метод называется методом погружения или иммерзии. На предметное стекло помещают каплю жидкости с известным показателем преломления и погружают в нее зерно минерала (не более 0,1 мм). При одинаковых показателях преломления жидкости и минерала, последний как бы сливается с жидкостью, теряя свои контуры, а линия Бёкке исчезает; при разных показателях она появляется; по ее движению при манипулировании тубусом можно судить о сравнительной величине преломления жидкости и минерала и, руководствуясь этим, брать новую жидкость с более близким показателем преломления. Наблюдения надо вести при определенной температуре, так как с изменением ее показатель преломления меняется.

Для определения показателя преломления пользуются смесями разных жидкостей и твердыми сплавами. Наиболее удобны смеси из следующих:

Показатель преломления при 20°

Вода	1,333
Ацетон	1,357
Этиловый спирт	1,362
Метиловый эфир масляной кислоты	1,386
Этиловый эфир валерьяновой кислоты	1,393
Амиловый спирт	1,409
Керосин	1,449
Гвоздичное масло	1,54
Монохлорнафталин	1,626
Монобромнафталин	1,658
Иодистый метилен	1,737 до 1,741
Иодистый метилен с серой	1,778
Иодистый метилен с серой и иодатами	1,868
Пиперин ¹ и иодиды	1,68 до 2,10
Сера и селен	1,998 до 2,716
Селен и селенистый мышьяк	2,72 до 3,17

Для общего представления о показателях преломления приведем их величины для некоторых минералов:

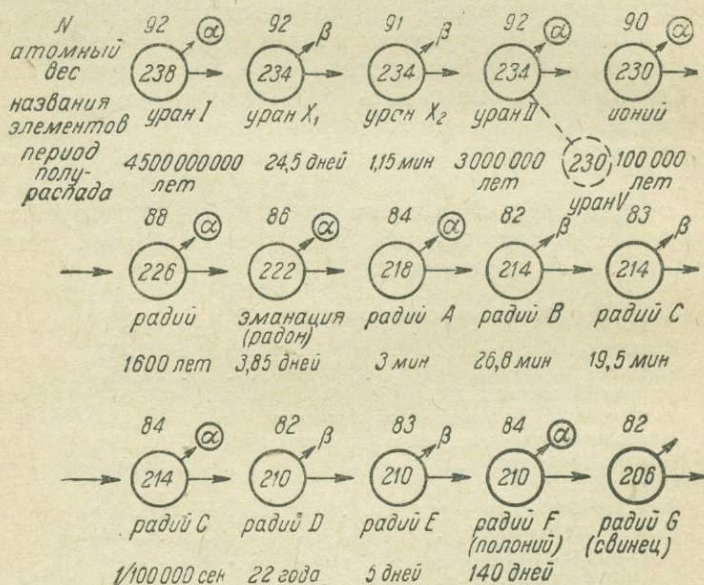
Воздух	1,0003	Биотит	1,58 — 1,63
Лед	1,309	Оливин	1,63 — 1,71
Вода	1,333	Альмандин	1,83
Криолит	1,339	Шеелит	1,918 — 1,934
Опал	1,43	Сера	1,958 — 2,245
Лазурит	1,50	Сфалерит	2,37 — 2,43
Гипс	1,520 — 1,530	Алмаз	2,419
Ортоклаз	1,519 — 1,524	Аурипигмент	2,4 — 3,0
Альбит	1,525 — 1,536	Киноварь	2,91 — 3,2
Кварц	1,544 — 1,553		

¹ Алкалоид черного перца.

Необходимо помнить, что показатель преломления обратно пропорционален скорости распространения света, т. е. чем больше показатель преломления, тем медленнее проходит свет через исследуемое вещество.

Радиометрические методы исследования

На рубеже XX в. с открытием радиоактивных веществ в науку вошло новое, необычайно важное представление о самопроизвольном атомном распаде, являющемся, быть может, общим свойством материи. Но для некоторых элементов, повидимому, этот распад протекает чрезвычайно медленно,



Фиг. 28. Диаграмма радиоактивного распада.

проявляясь в течение космических и геологических периодов, у других — распад вещества происходит более быстрым темпом, поддаваясь нашим наблюдениям. Последние элементы называются радиоактивными.

Одним из самых изумительных свойств этих элементов, разрушившим старинное представление о неизменности атома, является их непрерывно идущее превращение в другие — также радиоактивные — элементы; так образуются целые „родословные“ ряды генетически связанных между собою элементов. Один такой генетический ряд существует для семьи урана, другой — для тория. Скорость, с которой один радиоэлемент превращается в другой, очень различна, изменяясь в колоссальных границах — от долей секунды до миллиардов лет; кроме того, в процессе атомного распада она не остается неизменной, уменьшаясь пропорционально количе-

ству остающегося вещества. Конечным продуктом всех этих превращений является, повидимому, свинец.

Нижеприводимая таблица дает представление о взаимной связи радиоактивных элементов семейства урана (фиг. 28).

Кроме радиоактивных элементов, приведенных на таблице, имеется еще ряд элементов группы тория; кроме того, установлена радиоактивность калия, рубидия, самария, иллиния, бериллия.

При радиоактивном распаде образуются альфа (α), бета (β) и гамма (γ) лучи. α -лучи являются положительно заряженными ядрами гелия; эти лучи имеют пробег всего от 1,2 до 8,62 см, после они поглощаются, а образовавшийся гелий подчиняется обычным газовым законам. Во время своего пробега α -лучи ионизируют воздух и делают его проводником электричества, в силу чего заряженный электроскоп может разрядиться¹.

Ввиду этих свойств α -лучей был предложен α -метод измерения радиоактивности минералов при помощи градуированного электроскопа. Последний приделывается к камере, куда можно помещать минерал или куда можно просасывать воздух с эманацией радия (фиг. 29). Предварительно в этом приборе измеряется натуральное рассеяние, т. е. определяется, во сколько времени заряженный электроскоп разрядится сам по себе; так как полной разрядки ждать очень долго, то замеряется при помощи секундомера прохождение нескольких делений шкалы электроскопа листочком и нитью последнего. После введения в прибор исследуемого минерала заряжают электроскоп и замеряют скорость падения листочка или нити электроскопа при помощи секундомера. Необходимо учесть, что газы, например, углекислота, сероводород, пары воды и другие летучие соединения разряжают электроскоп; поэтому их надо устранить из ионизационной камеры при



Фиг. 29. Работа с полевым α -электроскопом системы Шмидта.

¹ β -лучи сходны с катодными лучами, испускаемыми поверхностью катода при электрических разрядах в сильно разреженной газовой среде; они представляют собой поток быстро несущихся отрицательно заряженных электронов; γ -лучи совершенно аналогичны рентгеновским лучам, о которых будет сказано ниже.

помощи соответствующих поглотительных трубок прежде, чем производить исследование. По скорости разрядки электроскопа судят о силе радиоактивности минерала. Величину скорости разрядки электроскопа определяют в вольтах, учитывая I — силу ионизационного потока, C — электроемкость системы, выраженную в сантиметрах, и $V_1 - V_2$ — падение потенциала заряженной системы за данный промежуток времени. Измерение производится при помощи микрометренного окуляра, шкала которого практически находится в линейной зависимости от напряжения ионизационного потока; поэтому на практике часто определяют радиоактивность по величине ионизационного потока в делениях в минуту. Можно также пользоваться методом сравнения скоростей спадения, вызванных исследуемым веществом, и эталоном с определенным количеством известного радиоактивного минерала.

γ -метод или определение по проникновению в ионизационную камеру проникающих γ -лучей применяется при радиометрических съемках в полевой обстановке; для определения радиоактивности минералов этот метод мало применим.

Радиограммами или радиографиями называются отпечатки радиоактивных минералов на фотографической пластинке или бумаге, получаемые при непосредственном наложении изучаемого минерала на чувствительный слой, после их проявления.

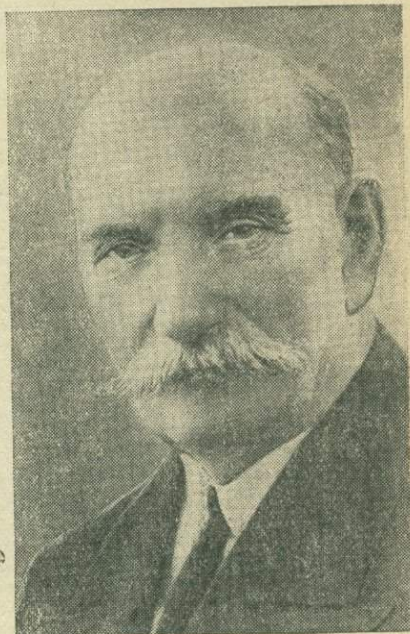
Физико-химический анализ

Как неоднократно отмечалось выше, множество природных тел не представляют собой химических индивидов, состав которых определяется простыми числовыми отношениями. Природные тела сплошь и рядом являются более или менее равновесными системами, комплексами химических индивидов — таковы твердые растворы, изоморфные смеси, тонкие, до дисперсных взаимные прорастания различных минералов. Обыкновенный химический анализ не может дать представления об этих индивидах, входящих в систему сложного тела; он дает лишь цифры валового химического состава, в которых обезличиваются и исчезают отдельные компоненты.

Для суждения о качественном составе сложных равновесных систем служит физико-химический анализ, рассчитанный именно на распознавание в данной системе наличия того или иного компонента — без предварительного выделения его из системы — по какому-нибудь обнаруживаемому им эффекту (термическому, химическому, электрическому и т. п.). Наиболее характерной особенностью физико-химического анализа являются в высшей степени остроумное и плодотворное приложение геометрического метода к изображению соотношений между составом и свойствами изучаемого сложного тела. В простейшем случае (двойной системы), откладывая на оси абсцисс состав, а на оси ординат то или иное из экспериментально исследуемых свойств (температуру,

электропроводность, показатель преломления и т. п.), исследователь получает диаграмму — „состав — свойство“, позволяющую судить о качестве и состоянии того или иного компонента системы.

Приложение геометрического метода к изучению соотношений между составом и свойствами сложных тел развилось в обширную самостоятельную область научных исследований. Физико-химический анализ оперирует в настоящее время более, чем с двадцатью измеримыми и графически регистрируемыми свойствами тел; таким образом, выделились разделы физико-химического анализа — термический, электрический, волюмометрический, вискозиметрический (определение вязкости), тензиметрический (определение упругости паров), определение показателей преломления и др. Отсылая учащихся к специальным научным работам, мы дадим здесь понятие о наиболее распространенном виде физико-химического анализа — термическом анализе. Этот анализ имеет в виду наблюдение за поведением сложного тела при его равномерном нагревании. Возникающие при этом термические эффекты (выделение тепла или поглощение тепла) записываются на кривых диаграммы, и они говорят исследователю как о наличии в составе изучаемого сложного тела того или иного компонента, так и об испытываемых им изменениях. Большинство наблюдаемых эффектов (дегидратация, диссоциация, окисление, переход в полиморфное состояние и др.) строго индивидуальны и неизменны (инвариантны) для каждого компонента, независимо от того, взят ли он в чистом виде или в смеси с другими веществами; поэтому каждый компонент обязательно дает знать о себе появлением на кривой своих собственных тепловых эффектов.



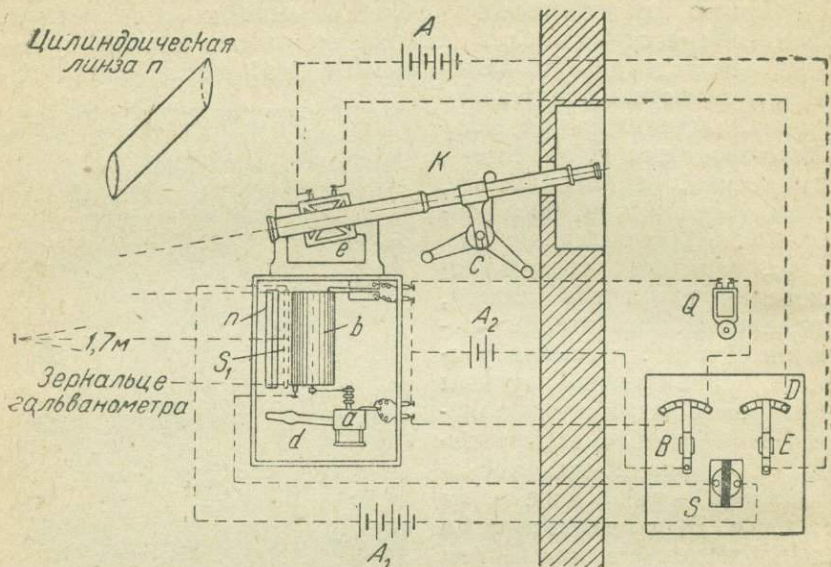
Акад. Н. С. Курнаков.

Техника термического анализа привела в настоящее время к построению сложной аппаратуры, обеспечивающей как автоматическую регулировку нагрева, так и автоматическую запись совершающихся в исследуемом теле тепловых процессов.

Одним из наиболее усовершенствованных самопишущих аппаратов для термического анализа является пирометр академика Н. С. Курнакова (фиг. 30), построенный на принципе фотографической регистрации темпе-

ратурных процессов; последняя достигается фиксацией светового луча, отраженного от зеркала гальванометра, — на вращающийся барабан, обернутый светочувствительной бумагой.

Вращательные движения зеркала гальванометра (под влиянием термоэлектрического тока, идущего от нагреваемого тела) вызывают различные отклонения светового „зайчика“, прочерчивающего черную линию на светочувствительной (бромосеребряной) бумаге.



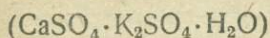
Фиг. 30. Самопишущий пирометр акад. Н. С. Курнакова.

Схема прибора Н. С. Курнакова (прибор помещен в темной комнате) дана на фиг. 31. Гальванометр C находится на расстоянии около $1,7\text{ м}$ от барабана b . Фонарь e бросает на зеркальце гальванометра световой луч через узкое окно. Отраженный от зеркальца луч концентрируется длиннофокусной линзой, помещенной в корпусе гальванометра, на другой цилиндрической линзе n с чечевиным сечением; последняя превращает световую вертикальную полоску, отраженную зеркальцем гальванометра, в точку, проектируемую на барабан b , приводимый в движение часовым механизмом. С помощью рукоятки можно изменять скорость вращения барабана. Выключатель B , помещаемый в светлой комнате, дает возможность останавливать часы; выключатель E гасит или зажигает фонарь e ; звонок Q отмечает полный оборот барабана. Зрительная труба K позволяет следить (из светлой комнаты) за ходом испытания, наблюдая за отражением в зеркальце гальванометра шкалы S_1 , помещенной снизу регистрирующего прибора.

Для получения записей, особо чувствительных к минимальным термическим эффектам, не улавливаемым на простых кривых нагревания, применяют дифференциальную запись разности температур исследуемого и эталонного тела, нагреваемых параллельно. При этом эталонное тело выбирается так, что оно не дает самостоятельного теплового эффекта в интересующих наблюдателя температурных пределах (см. фиг. 31).

В качестве одного из примеров термического анализа приведем недавнюю работу Л. Берга и А. Николаева по качественной характеристике природной солевой смеси из калийных отложений западного Казахстана.

Широко распространенный в этом районе полигалит (тройная соль $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) был очень легко констатирован в составе смеси по характерному для него термическому эффекту при 320° . Мало того, в ряде образцов кривые нагревания указали на частичное разложение полигалита с образованием сингенита



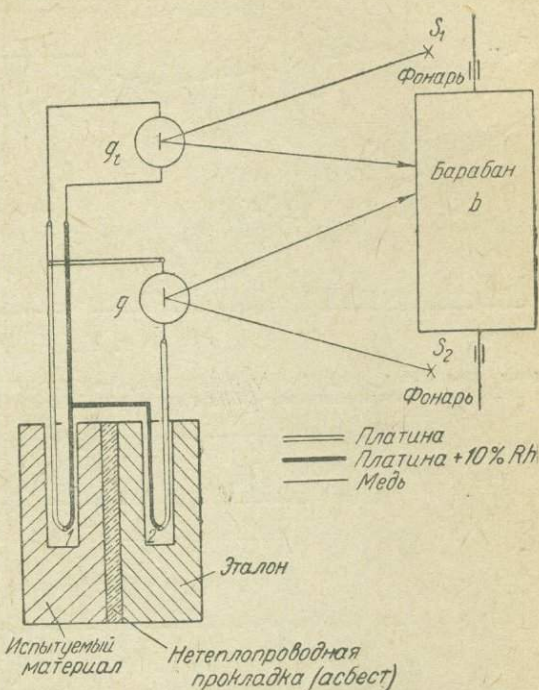
(фиг. 32, 1), для которого характерен эффект при $265-285^\circ$.

Иногда кривые нагревания давали возможность выяснить, в какой форме находились некоторые соли. Так, в пробе 160 (фиг. 32, 2) по данным весового анализа находился тенардит. Кривая нагревания показала, что Na_2SO_4 связан с $CaSO_4$ в виде глауберита со свойственным последнему эффектом при $520-540^\circ$.

Рентгено-структурный анализ

Понимание химического состава минералов сделало гигантский шаг вперед после применения к их изучению рентгеновских лучей, замечательного вида лучистой энергии, открытого в 1895 г. В. К. Рентгеном. Эти лучи, возникающие при встрече катодного потока электронов¹ с каким-нибудь твердым телом (антикатодом), во многом аналогичны обыкновенным световым лучам, но резко отличаются от них необычайно малой длиной волны и, в связи с этим, исключительной силой проникновения (жесткостью). В природе они встречаются в виде γ -лучей, испускаемых радиоактивными элементами.

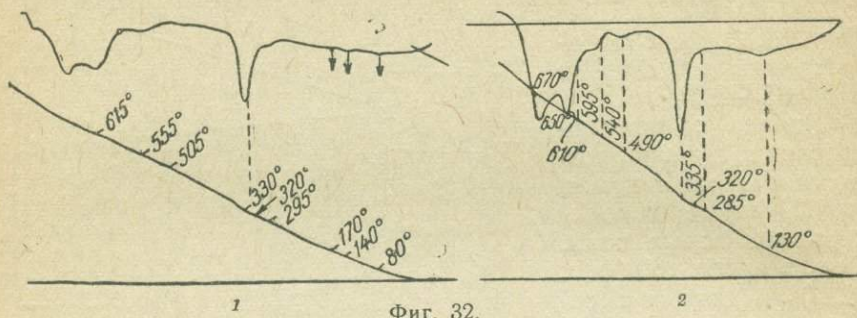
В 1913 г. немецкий физик М. Лауэ, собирая на фотографическую пластинку пучок неоднородных рентгеновских лучей, пропущенных предварительно через кристалл цинко-



Фиг. 31. Схема дифференциальной и температурной записи на регистрирующем пирометре акад. Н. С. Курнакова.

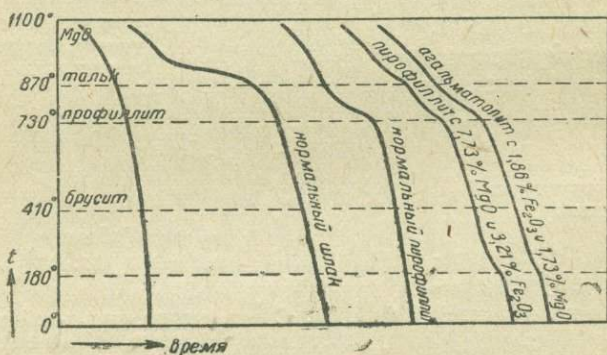
¹ Катодные лучи, как было отмечено выше, получаются при электрическом разряде в сильно разреженной газовой среде.

вой обманки, достиг изумительного результата: на пластинке вокруг центрального пятна, обусловленного первоначальным прямым пучком рентгеновских лучей, обозначилась система симметрично расположенных пятнышек, вызванных лучами, различно отклонившимися при прохождении через кристалл. Было очевидно, что на пластинке получилась фотографическая проекция внутренней структуры кристалла. Дальнейшие опыты



Фиг. 32.

1—кривая нагревания образца полигалита, 2—кривая нагревания образца ишимбаевских солей состава: полигалит—36%; глауберит—9%; NaCl—40%; ангидрит, и гипс—16%.

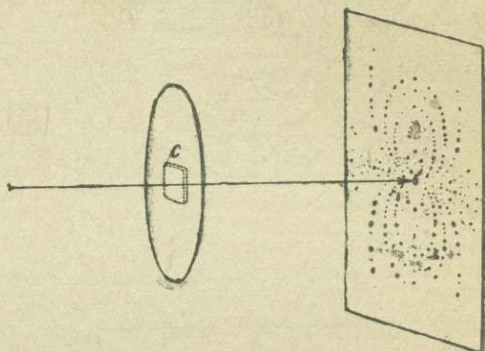


Фиг. 32а. Пример кривых нагревания.

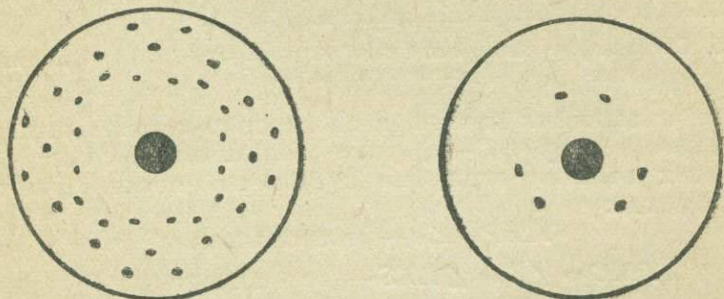
и тщательное изучение получающихся дифракционных фигур — „лауэграмм“ — установило, что система пятнышек вокруг центрального пятна является отпечатком вторичных лучей, рассеянных и отраженных от сетчатых плоскостей кристаллической решетки; измерения углов между первичными и вторичными лучами привели к точному представлению о числе, взаимном расположении и некоторых свойствах атомов, составляющих пространственную решетку кристалла (фиг. 33 и 34).

Результаты этого открытия были исключительно велики. Не только была блестяще доказана реальность атомной структуры вещества, но и явилась возможность точного качественного и количественного исследования этой структуры, без ее предварительного разрушения.

Сущность этих явлений станет ясной, если мы будем иметь в виду необычайно малый размер волны рентгеновского луча, измеряемый величинами примерно того же порядка, что и межатомные расстояния в кристаллическом веществе. Будучи практически совершенно сплошными для световых лучей, атомные сетки (грани) кристаллов свободно пропускают между атомами короткие волны рентгеновских лучей. Поэтому при падении пучка этих лучей на грань кристалла, т. е. на первую из слагающих его параллельных атомных сеток, очень



Фиг. 33. Лауэ и лауэграмма.



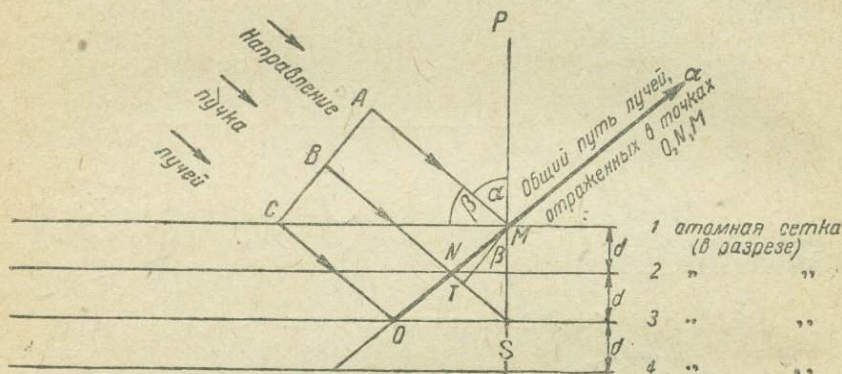
Фиг. 34. Лауэграммы, снятые перпендикулярно к оси третьего порядка (налево) и оси четвертого порядка у сфалерита.

небольшая их часть попадет на атомы первой сетки и отразится от них; другие лучи попадут на атомы следующей сетки, третьи на дальнейшую сетку и т. д. Пространственная решетка кристалла именно тем и отличается от обыкновенной дифракционной решетки, что в ней, вместо одного ряда отражающих точек, имеется огромное количество их параллельных рядов (фиг. 35).

Каждая сетка отражает при этом лишь самую незначительную часть падающих на нее лучей. Так как сетки параллельны друг другу, то все падающие на них лучи отразятся под одним углом лучи, отраженные от более глубоких слоев, следовательно имеющие большую длину хода, будут совме-

щаться с лучами, отраженными от первых, более близких к поверхности сеток, и интерферировать с ними (т. е. усиливать или погашать друг друга).

Результат интерференции определяется: длиной волны рентгеновских лучей (λ) и разностью проходимою им пути (l). Если l равна длине волны или превосходит ее в целое число раз, то колебания всех отраженных лучей будут находиться в одной фазе, их амплитуды будут суммироваться, и они будут усиливать друг друга. Но величина l (разность хода отдельных лучей зависит, в свою очередь, от 1) расстояния между атомными сетками (d) и 2) угла падения α



Фиг. 35. Схема дифракции рентгеновских лучей от параллельных атомных сеток кристалла.

(между падающими лучами и плоскостью сетки) или дополнительного к нему ($90^\circ - \alpha$) угла скольжения β . Зависимость всех этих величин видна на следующем простом чертеже (фиг. 35), где:

$$AMP = \angle \alpha - \text{угол падения,}$$

$$AMC = \angle \beta = \angle TMS - \text{угол скольжения.}$$

$$NM = NS = NT + TS; AM = BT$$

$$l = BN + NM - AM = BN + NS - BT = TS$$

$$l = TS = MS \sin \beta; MS = 2d \sin \beta$$

Следовательно, $l = 2d \sin \beta$.

Имея в виду эти соотношения, следует подбирать угол β таким образом, чтобы $l = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, n\lambda$. Только при этом условии все накладывающиеся друг на друга лучи интерferируют в одной фазе и, усиливая друг друга, дают заметный для наблюдателя эффект; при отсутствии этого условия лучи гасят друг друга.

Для пользования формулой нужно знать значение d (расстояние между атомными сетками кристалла) или λ (длину рентгеновской волны). Так как величина λ не поддавалась определению другими способами, то первой задачей явилось

определение d . Из курса физической химии можно видеть, каким образом была вычислена величина d для гранцентрированного куба каменной соли ($2,81 \text{ \AA}$); подставляя эту величину в вышеприведенную формулу, определяют длину волны рентгеновского луча. В качестве „стандартов“ служат, наряду с каменной солью, еще некоторые минералы: кварц, кальцит и др.

При рентгенометрии неподвижного кристалла по методу Лауэ применяются неоднородные рентгеновские лучи (например от вольфрамового антимоната, с длиной волн от $0,18$ до $1,0 \text{ \AA}$). При этом происходит избирательное отражение лучей, длина волн которых отвечает условию $n\lambda = l = 2d \sin \beta$.

Развившие и усовершенствовавшие открытие Лауэ английские ученые Брегги применили к рентгенометрии метод вращения исследуемого кристалла, центрируемого на столике с градусными делениями (гониометре); пучок рентгеновских лучей (на этот раз монохроматических, т. е. с определенной длиной волны) направляется на вращающийся кристалл, а по отражении от его граней — в ионизационную камеру, вращающуюся подобно столику. В камере, наполненной газом, сильно поглощающим рентгеновские лучи (например, SO_2), происходит ионизация газа, измеряемая электроскопом; интенсивность ионизации (т. е. яркость отражения) отмечают графически на ординатах диаграммы, откладывая на абсциссах углы поворота ионизационной камеры. Сравнивая между собою яркость отражения от различных граней кристалла, можно расшифровать детали кристаллического строения вещества. В последнее время ионизационная камера заменяется фотографической пластинкой. Линейные соотношения отпечатков рентгенограммы кладутся в основу расчетов кристаллического строения.

В методе Шерера — Дебая вращение кристалла заменено применением кристаллического порошка, спрессованного в столбик и помещаемого в центре вертикальной цилиндрической стеклянной камеры, сквозь которую проходит пучок рентгеновских лучей. Отражения лучей улавливаются на фотографическую пленку, облегающую стенки камеры. Огромное множество кристалликов, расположенных самым различным образом по отношению к направлению лучей и от прибора, дают систему совершенно симметричных по отношению к центру отпечатков. (Дальнейшее развитие и детали методики см. в специальных курсах.).

На основании рентгеновского изучения кристаллических решеток удалось установить подлинную структуру целого ряда минералов.

ИСКУССТВЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Искусственный синтез минералов в последнее время нашел широкое применение в технике и вместе с тем получил огромное теоретическое значение. Не будучи в состоянии рекон-

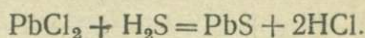
струировать природный процесс во всей его сложности и полноте, мы можем, однако, — средствами современной лабораторной и заводской техники — воспроизводить типичные факторы и фазы минералообразования и получать, смотря по надобности, как сложные твердые растворы, так и почти идеально чистые, столь редкие в природе минеральные индивиды.

Это дает мощное средство для научного исследования и вместе с тем расширяет теоретическую базу важных промышленно-технических процессов.

Синтез минералов производится разными методами, стремящимися в лабораторных условиях воссоздать существенные черты природных процессов:

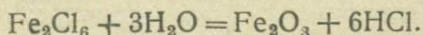
- 1) из парообразных или газообразных веществ,
- 2) из горячих и холодных водных растворов,
- 3) из расплавов твердых тел при высоких температурах,
- 4) при применении высоких давлений.

Мы ограничимся здесь лишь немногими примерами синтеза минералов. Обычным возгоном получают крупные кристаллы свинцового блеска, цинковой обманки и других минералов: так, например, свинцовый блеск можно получить, пропуская сероводород и пары хлористого свинца через раскаленные докрасна фарфоровые трубки, по схеме:



При действии сероводорода на растворы хлористых солей меди и серебра получают халькозин Cu_2S или аргентит Ag_2S .

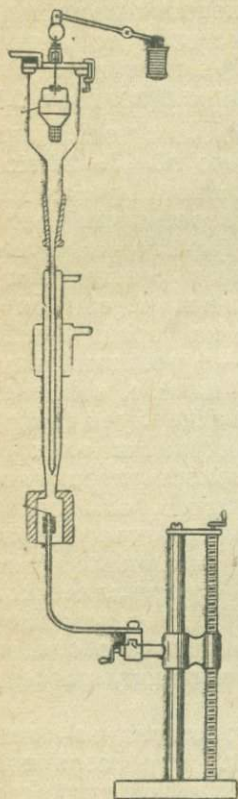
Железный блеск получается при действии паров воды на хлорное железо по схеме:



При взаимодействии газов с твердыми веществами при высокой температуре можно получить ряд минералов. Так например циркон ZrSiO_4 получается действием газообразного фтористого кремния на окись циркония.

Из расплава соответствующих окислов были получены магнетит FeFe_2O_4 , шпинель MgAl_2O_4 , оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ и другие силикаты и алюмосиликаты.

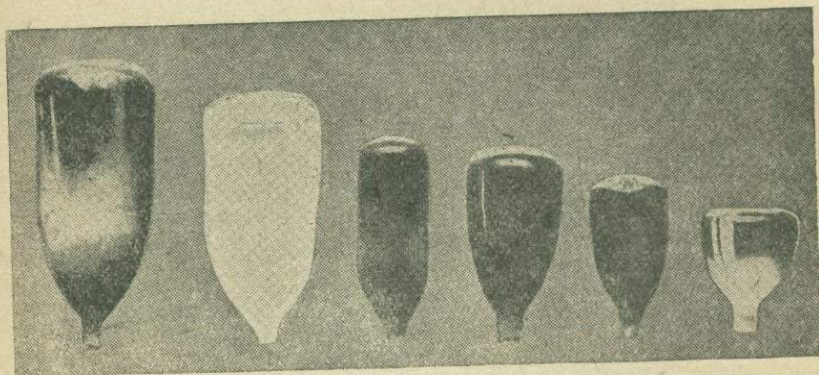
Большое практическое значение получил синтез высоко-твердого минерала корунда. На прилагаемом рисунке пока-



Фиг. 36. Печь для синтеза корунда.

зана печь для его приготовления: корунд образуется при сплавлении порошка гидрата окиси алюминия в пламени гремучего газа (фиг. 36 и 37).

При перекристаллизации под влиянием давления были получены из аморфного карбоната кальция кристаллы кальцита, из гипса получен ангидрит, из змеевика — агрегат оливина и энстатита.



Фиг. 37. Плавленный корунд.

К наиболее легким и простым способам синтеза минералов относится кристаллизация из водных пересыщенных растворов каких-либо растворимых солей, например хлористого натрия, квасцов, медного купороса и др.

ГЕНЕЗИС И ПАРАГЕНЕЗИС

Генезисом минералов называется образование их в природных условиях. Как было указано во вводной главе, эти условия отличаются необычайным разнообразием. Однако проявления минералообразующего процесса настолько различны как по своему пространственному распределению в земной коре, так и по характеру непосредственных своих результатов, что в целях изучения его удобно свести к трем основным типам (циклам): 1) магматическому (эндогенному), 2) осадочному (экзогенному) и 3) метаморфическому (аутигенному). Все эти циклы минералообразования будут рассмотрены ниже.

Парагенезисом или природной ассоциацией называется совместное нахождение минералов, обусловленное общностью происхождения. Объяснение этого явления и самый термин был введен в науку Брейтгауптом в 1849 г.; но даже древние рудокопы знали о явлениях совместного нахождения минералов, называя „спутниками“ те из них, которые сопровождают добываемые минералы.

При изучении генезиса и парагенезиса минералов необходимо обращать внимание также на последовательность обра-

зования минералов, выделяя различные „генерации“ минералов или одного минерального вида, иначе говоря, — минералы, образовавшиеся в определенные последовательно идущие моменты (этапы) процесса минералообразования.

Среди месторождений Союза нетрудно указать множество примеров ярко выраженных парагенетических сообществ минералов:

Магматический тип — хромитовые месторождения Южного Урала: *серпентин* ($H_4Mg_3Si_2O_9$), *оливин* $(Mg, Fe)_2SiO_4$, *хромит* ($FeCr_2O_4$), *хромпикотит* $[(Mg, Fe)O(Cr, Al)_2O_3]$, *хромвезувиан* $[Ca_{12}(Al, Fe, Cr)_6Si_{10}(OH, F)_4O_{39}]$, *уваровит* $[Ca_3Cr_2(SiO_4)_3]$, *кеммерерит* $[H_8(Mg, Fe)_5(Al, Cr)_2Si_3O_{18}]$, *брусит* $[Mg(OH)_2]$.

Контактный тип. Дашкесанское месторождение магнетитов. Рудные минералы: магнетит ($FeO \cdot Fe_2O_3$), *железный блеск*, *мартит* (Fe_2O_3), *пирит* (FeS_2), *кобальтин* ($CoAsS$), *халькопирит* ($CuFeS_2$). Минералы „скарна“ (контактное преобразование известняка): *гранат* $[Ca_3Al_2(SiO_4)_3]$, *диопсид* ($CaMgSi_2O_6$); *дашкесанит* (роговая обманка со значительным содержанием хлора); *эпидот* ($HCa_2Al_3Si_3O_{13}$); *кварц* (SiO_2); *кальцит* ($CaCO_3$).

Пегматито-пневматолитовые месторождения. Алабашка (Свердловской обл.) — *письменный гранит*, *дымчатый кварц* (SiO_2), *ортотлаз* ($K_2Al_2Si_6O_{16}$), *альбит* ($Na_2Al_2Si_6O_{16}$), *берилл* $[Be_3Al_2(SiO_3)_6]$, *топаз* $[Al_2(F, OH)_2SiO_4]$, *турмалин* (сложный борсодержащий алюмосиликат щелочей и щелочных земель); *кордиерит* ($Mg_2Al_4Si_5O_{18}$), *лепидолит* ($H_4K_2Li_3Al_5Si_6O_{24}$) и др.

Пегматитовые — мигматического типа. Изумрудные копи (Свердловская обл.). *Изумруд*, *берилл* ($Be_3Al_2Si_6O_{16}$); *александрит* ($BeO \cdot Al_2O_3$); *фенакит* (Be_2SiO_4); *рутил* (TiO_2); *актинолит* $[Ca_2(Fe, Mg)_5(Si_8O_{22})(OH)_2]$; *хлорит* $[H_8(Mg, Fe)_5Al_2Si_3O_{18}]$; *талък* ($H_2Mg_3Si_4O_{12}$).

Пегматитовый тип щелочной магмы. Хибинское апатитовое месторождение (Мурманский край). *Апатит* $[Ca_5(F, Cl, OH)(PO_4)_3]$; *нефелин* $[(Na, K)_2Al_2Si_2O_6]$; *эгириин* ($Na_2Al_2Si_4O_{12}$); *эвдиалит-эвколит* $[Na_4(Ca, Fe)_2ZrSi_6O_{16}(OH, Cl)_2]$; *сфен* ($CaTiSiO_5$), *астрофиллит* $[(K, Na)_4(Fe, Mn)_4Ti(SiO_4)_4]$, *лампрофиллит* (титаносиликат Na, Sr, Mn); *ринколит* (титаносиликат Ca, Sr, Na, Ce); *натролит* ($Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 2H_2O$), *пирротин* (Fe_nS_{n+1}).

Гидротермальный тип. Садонское свинцово-цинковое месторождение.

Галенит (PbS); *сфалерит* (ZnS); *пирротин* (Fe_nS_{n+1}); *халькопирит* ($CuFeS_2$); *арсенопирит* ($FeAsS$); *кварц* (SiO_2); *кальцит* ($CaCO_3$). Вторичные минералы (в зоне окисления): *смитсонит* ($ZnCO_3$), *церуссит* ($PbCO_3$), *малахит* ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$); *азурит* $[2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2]$.

Тип осадочного месторождения (химические осадки). Соликамское месторождение (Пермская область). *Галит* ($NaCl$); *сильвин* (KCl); *сильвинит* ($NaCl + KCl$); *карналлит* ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$); *ангидрит* ($CaSO_4$); *гипс* ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Окисленная зона рудной жилы („железная шляпа“).
 Брокен Хилл свинцово-цинковое месторождение: *церуссит* ($PbCO_3$); *смитсонит* ($ZnCO_3$); *пироморфит* ($PbCl$) $Pb_4(PO_4)_3$; *деклуазит* [$Pb(Cu, Zn)(OH)(VO_4)$]; *лимонит* ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$); *кварц* (SiO_2).

Кора выветривания ультраосновных пород.
 Аккермановское никель-кобальтовое месторождение: Ni-содержащий *вад* (водный окисел марганца); *гарниерит* (водный силикат Mg и Ni), *асболан* (Co-содержащий вад, *ноктронит* ($H_2Fe_2Si_2O_9 \cdot H_2O$); *Ст-ноктронит*; *халцедон* (SiO_2); *хризопраз* (Ni-халцедон); *кальцит* ($CaCO_3$); *магнезит* ($MgCO_3$); *доломит* ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$); *талък* ($H_2Mg_3Si_4O_{12}$); *сепиолит* (морская пенка $H_4Mg_2Si_3O_{10}$); *гипс* ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); *пиролозит* (MnO_2); *бурый железняк* ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$) и др.

ЗОНАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Понимание вышеназванных явлений тесно связывается с современными представлениями о строении земной коры — в виде концентрических зон: верхняя зона — атмосфера, или воздушная оболочка; ниже ее следует гидросфера, или жидкая



Фиг. 38. Разрез земного шара по Вашингтону.

оболочка, которая расположена непосредственно на литосфере, или каменной оболочке; под последней находится магмосфера; центральная часть земли представлена металлической барисферой „тяжелой сферой“. Главным объектом минералогии является литосфера и в значительной степени гидросфера.

Для нашего курса мы принимаем схему строения земли американского ученого Вашингтона.

По Вашингтону разрез земли (кроме атмосферы и гидросферы) представляется следующим образом (фиг. 38)¹.

¹ Ввиду небольшой мощности осадочных и метаморфических горных пород, последние не приняты во внимание.

Разрез земного шара

	Мощность, км	Уд. вес	% массы
Гранитная оболочка	20	2,8	0,48
Базальтовая	40	3,2	1,08
Перидотитовая	1 540	4,0	40,08
Ферроспоровая	700	5,8	22,55
Литоспоровая	700	8,0	8,51
Железное центральное ядро	3 400	10,0	27,30
	Σ 6 400	5,49	100

В последнее время ряд ученых, следуя В. М. Гольдшмиду, рисуют в составе земного шара следующие сферы: центральное никеле-железное ядро — сидеросферу; его обволакивает окисно-сульфидная халькосфера, выше последней расположена силикатная литосфера. Соответственно этому химические элементы разделяются на следующие группы:

Сидерофильные элементы, тяготеющие к центральному ядру (кобальт, никель, углерод, фосфор, платина и др.).

Халькофильные, накапливающиеся в промежуточной сульфидно-окисной сфере: железо, цветные металлы, золото, серебро, ртуть, мышьяк, сурьма и др.

Литофильные элементы, тяготеющие к силикатной магме, продуктами застывания которой сложена по преимуществу литосфера. Список литофильных элементов очень велик, сюда относятся: кислород, кремний, алюминий, кальций, магний, натрий, калий и другие щелочи, бериллий, олово, бор, фтор, торий, уран и др.

Атмофильные элементы, скапливающиеся в газовой оболочке земли: водород, азот, гелий, аргон и др.

Академик В. И. Вернадский ввел еще важное геохимическое понятие „биосферы“. Под биосферой понимается верхняя часть литосферы, гидросфера и нижняя часть атмосферы, где огромную роль играет живое вещество, принимающее активное участие в химии этой части земной коры.

Упомянем еще часто встречающееся деление земного шара на зоны по количественному преобладанию в них главных элементов (Зюсс, Дели, Гольдшмидт).

Верхняя оболочка состоит главным образом из гранитных и гранодиоритовых пород, где преобладают окислы кремния (силиций Si) и алюминия (Al); поэтому ее называют саль или саль, а все вообще элементы этой зоны названы сиалическими или салическими.

Средняя оболочка состоит из образований габброидной магмы (габбро, базальт, перидотит, эклогит и др.) с преобладанием окислов кремния (Si) и магния (Mg); этой зоне дано название сима; элементы ее называются — симатическими.

Центральное ядро, состоящее в основном из никеля (Ni) и железа (Fe), называется нифе.

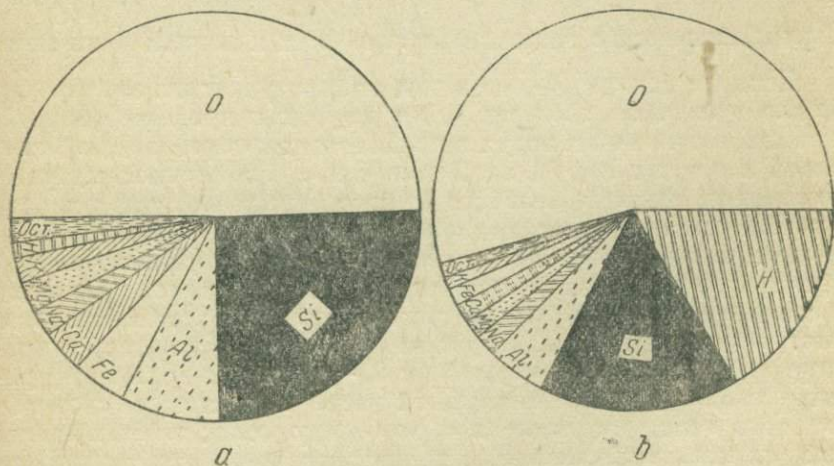
Американский ученый Кларк вычислил средний химический состав земной коры до глубины 10 миль, или 16 км. По его подсчетам литосфера состоит на 95% из изверженных, т. е. образовавшихся из затвердевшей магмы пород; остальное представлено сланцами, песчаниками и известняками, т. е. образованиями осадочного и метаморфического циклов. На основании многочисленных анализов изверженных пород Кларк подсчитал средний химический состав земной коры, приведенный на прилагаемой диаграмме (фиг. 39).

Числа, выражающие процентное весовое содержание химических элементов в земной коре, по предложению акад. А. Е. Ферсмана, были названы кларками. Таким образом, кларк кремния 25,7, кларк алюминия 7,5 и т. д.

Как видно из диаграммы, подавляющая роль в составе литосферы принадлежит трем элементам: кислороду, кремнию и алюминию; взятые вместе, они составляют по весу 82,65%



Ф. Кларк.



Фиг. 39. Диаграмма процентного химического состава земной коры в весовых процентах (а) и в процентах числа атомов (б).

земной коры. Если к ним прибавить еще шесть наиболее распространенных в литосфере элементов — железо, кальций,

натрий, магний, калий и водород, — то мы получим в этих девяти элементах материал, составляющий по весу 98,2% земной коры.

Относительная распространенность остальных химических элементов рисуется из следующей таблицы В. И. Вернадского (1934), расположившего элементы по декадам, т. е. по рядам отличающимся друг от друга по распространенности приблизительно в десять раз.

Декада, % по весу		Элементы в весовых процентах
I.	100 — 10	O—49,5, Si—25,7
II.	10 — 10 ⁰	Al(7,5), Fe (4,7), Ca (3,4), Na (2,6), K (2,4), Mg (2,0), H (1,0)
III.	10 ⁰ — 10 ⁻¹	Ti (0,5), C (0,4), Mn (0,1), Cl (0,2), S (0,15), P (0,1)
IV.	10 ⁻¹ — 10 ⁻²	N, Ba, B, V, Li, Ni, Sr, Cr, Zr, Br, Cu, F
V.	10 ⁻² — 10 ⁻³	Be, J, Sn, Co, Th, U, Zn, Pb, Mo, Rb, V, Ce
VI.	10 ⁻³ — 10 ⁻⁴	Ar, W, Cs, Bi, Cd, Hg, Hf, Nd, Sa, Gd, Yb, Pz
VII.	10 ⁻⁴ — 10 ⁻⁵	La, As, Nb, Sb, Ag, Se, Te, Tl, Eu, Ez, Dy, Ta, Ho, Tu,
VIII.	10 ⁻⁵ — 10 ⁻⁶	T, Au, Pt, Ge, In, Os, Iz, Ca
IX.	10 ⁻⁶ — 10 ⁻⁷	He, Er, Re, Ru, Rh, Pd
XIII.	10 ⁻¹⁰ — 10 ⁻¹¹	Ra
Меньше 10 ⁻¹¹ %: Kr, Xe, Ne, Po, Pa, Ac, Ht...		

В настоящем курсе при описании отдельных элементов даются их кларки по новейшим данным.

Термодинамические зоны литосферы и их химический характер

Деление земной коры на ряд концентрических зон прочно вошло в научное сознание. Для изучения процессов, протекающих в различных зонах и приводящих к образованию минералов и горных пород, важнейшим и с несомненностью установленным фактом является быстро идущее от поверхности в глубину изменение термодинамических условий. Поверхность земной коры — зона выветривания — характеризуется низкой температурой и низким давлением, но с глубиной давление увеличивается на 250 ат на каждый километр; одновременно быстро (примерно на 1° на каждые 33—34 м) нарастает температура. Поэтому уже на глубине 25—40 км мы должны встретить вещество, в значительной мере потерявшее свойства твердого тела, расплавленное, но ввиду колоссальных давлений вязкое, пластичное, стеклообразное, переполненное сжатыми газами. Это вещество, являющееся, как мы увидим ниже, первоисточником подавляющего большинства строящих литосферу минералов, называется магмой (от греч. — тесто).

Между холодной и испытывающей низкое давление поверхностной зоной и раскаленной зоной магмы лежит, на глубине

6—10 км от поверхности, промежуточная метаморфическая зона; эта зона характеризуется высоким, частью гидростатическим, частью боковым (ввиду тектонических движений земной коры) давлением и высокой температурой, недостаточной, однако, для расплавления находящегося здесь вещества.

Эти три термодинамические зоны — зона выветривания, метаморфическая и магматическая, при наличии, разумеется, постепенных между ними переходов, характеризуются резко различным комплексом минералообразующих условий. Химические процессы различны для разных зон. Так, в условиях зоны выветривания серная, соляная и азотная кислоты являются сильнейшими кислотами, калий и натрий — сильными щелочами. В условиях магмы эти кислоты и щелочи уже не имеют того значения; здесь самой сильной кислотой является кремневая, самым сильным основанием — магний. Поэтому в условиях магмы первыми образуются кремнистые соли — силикаты магния.

Сульфаты, нитраты и хлориды не дают в магме самостоятельных минералов; неустойчивы они и в метаморфической зоне; только в верхней зоне они становятся устойчивыми соединениями.

В качестве примера рассмотрим изменение характера химических соединений серы.

Как известно из курса химии, химические элементы могут находиться в виде нейтральных атомов или в виде заряженных ионов. Размеры ионов и атомов выражаются в онгстремах¹.

Таблицу радиусов для некоторых ионов и атомов приводим ниже. Необходимо учесть, что для разных валентностей ионов меняется и размер их радиусов.

Радиус иона²

Кислород	- 1,32
Натрий	+ 0,98
Магний	+ 0,78
Алюминий	+ 0,57
Кремний	+ 0,39
Сера	- 1,74 двухвалентная и + 0,34 шестивалентная
Хлор	- 1,81
Калий	+ 1,33
Кальций	+ 1,06
Железо	+ 0,83 двухвалентное и + 0,67 трехвалентное

Как было сказано выше, химический характер серы в условиях земной поверхности и в условиях магмы различен. В сульфате FeSO_4 сера положительна и шестивалентна, обладает радиусом иона + 0,34 Å; железо — двухвалентно с радиусом

¹ Онгстрем (Å) — одна стомиллионная часть сантиметра.

² Плюсом обозначаются электроположительные ионы, а минусом электроотрицательные.

иона $+0,83 \text{ \AA}$; кислород — отрицательный, с радиусом иона $-1,34 \text{ \AA}$.

В условиях магмы сульфата железа не образуется, но возможно соединение FeS_2 , в котором сера меняет свой характер: она становится электроотрицательной с радиусом иона $-1,74$, т. е. приближается к радиусу иона кислорода. Если это соединение мигрирует в земной коре, то оно остается устойчивым только до определенной границы, называемой зоной окисления; выше ее оно уже делается неустойчивым и переходит в сульфат, т. е. сера изменяет свой знак и величина радиуса ее иона становится $+0,34$.

Необходимо отметить, что в условиях низкой температуры и давления, т. е. в зоне выветривания, существуют отдельные прерывистые очаги восстановительной среды. В этой среде возможно существование электроотрицательного иона серы, т. е. возможно существование FeS_2 . С другой стороны, в условиях термальных процессов в связи с вулканизмом, в сравнительно глубоких зонах, но при пониженном давлении, наблюдается неустойчивость электроотрицательного иона серы и переход его в электроположительный. При этом происходит процесс алунитизации или, иначе говоря, образование сульфата алюминия.

Те изменения валентности и знака заряда у иона серы, которые мы только что рассмотрели, наблюдаются и у других ионов. Под влиянием этих изменений ионы мигрируют из одной оболочки земли в другую, вступают в соединения с металлом, с кислородом и основаниями, в результате чего образуются минералы, устойчивые при определенных условиях температуры, давления и среды.

Теперь мы рассмотрим подробнее различные циклы минералообразования, кратко намеченные выше.

ЦИКЛЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Магматический цикл

Магматический цикл минералообразования является основным геохимическим и минералообразовательным процессом земной коры.

Магма представляет собою сложный расплав — раствор, в котором количественно преобладают кремнекислые и алюмокремнекислые соли железа, кальция, магния, щелочей. Но огромная роль в магме принадлежит также находящимся в ней в меньшинстве, но обладающим большой физической и химической энергией элементам: бору, фтору, литию, водороду, сере и др., и их летучим соединениям. Характернейшей физико-химической особенностью магмы является именно то обстоятельство, что в ней тела с очень высокой (выше 1000°) точкой плавления смешаны с газообразными. Присутствие этих перегретых, летучих газообразных веществ обуславливает

колоссальное внутреннее напряжение магмы и придает ей характер крайне неустойчивого равновесия.

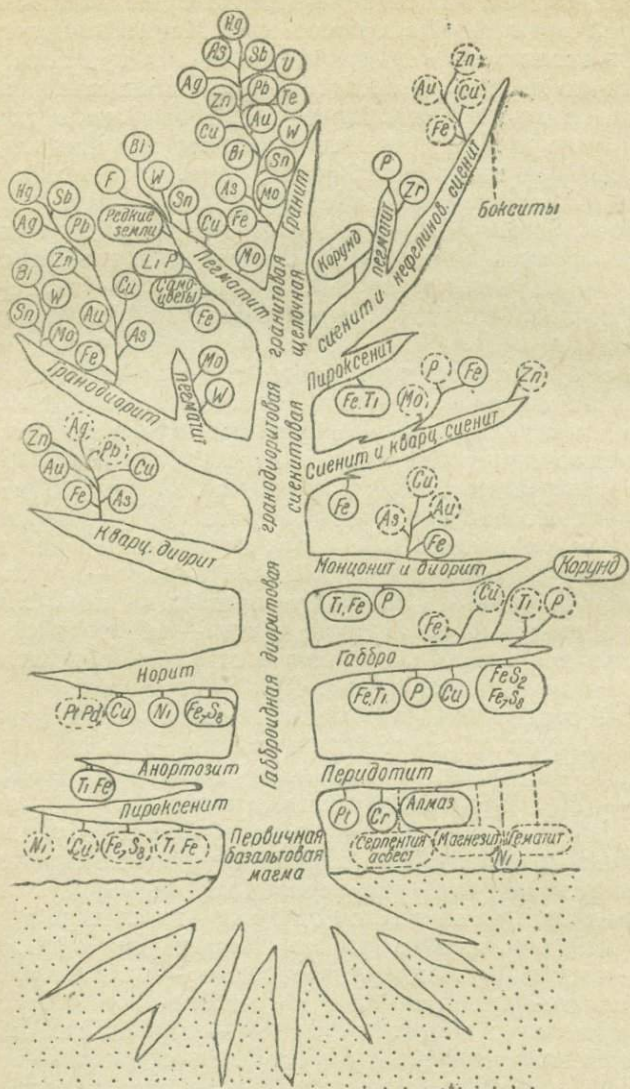
Это равновесие нарушается тектоническими движениями земной коры, вызывающими перемещения ближайших к поверхности частей магматических бассейнов. Магма начинает перемещаться, вдавливаясь в прогибы, разломы и трещины земной коры, частично переплавляя и ассимилируя вмещающие породы, приходящие с нею в ближайшее соприкосновение (контакт). При этом внутреннее равновесие магмы нарушается, и она начинает дифференцироваться, т. е. расщепляться, разделяться на отдельные фазы: твердую, газообразную и жидкую.

Это очень сложный процесс, частные результаты которого могут варьировать в широких пределах, в зависимости от многочисленных, весьма изменчивых условий — температуры, давления, состава и концентрации вещества. Мы рассмотрим здесь (конечно, весьма схематично) основные черты важнейшего по результатам интрузивного магматического процесса, характеризуемого тем, что магма (в отличие от экструзивного или вулканического типа) не прорывает вышележащих покровов земной коры, не изливается на поверхность, а медленно застывает на известной глубине, образуя замкнутый очаг. Вследствие этого в процессах дифференциации участвуют все входящие в состав магмы вещества, вступая друг с другом в различные реакции. Процесс — в отличие от быстрого затвердевания лав, вырвавшихся на поверхность и отдающих в воздух свои летучие части, — разворачивается последовательными этапами, выделяя в строго определенном порядке различные минералы (фиг. 40).

В ранние стадии едва начавшегося охлаждения (протокристаллизации), когда температура магмы еще держится на уровнях 1500—1600°, из нее начинает выкристаллизовываться оливин — $(Mg, Fe)_2 SiO_4$, тяжелые кристаллы которого, опускаясь вниз, скапливаются в наиболее глубоких частях охлаждающегося интрузива (гравитационная дифференциация), образуя крупные по окончательном остывании массивы так называемых ультраосновных горных пород — дунитов, перидотитов и др. Вслед за образованием оливина — частью одновременно с ним — выкристаллизовываются железо-магнезиальные и железо-магнезиально-известковые минералы; с одной стороны — пироксены (авгит, диаллаг, бронзит, гиперстен), с другой стороны — наиболее тугоплавкие члены изоморфного полевошпатового семейства — основные плагиоклазы (анортит, битовнит, лабрадор). Совокупная массовая кристаллизация и отсадка оливина, пироксенов и плагиоклазов приводит к образованию громадных массивов основных пород — гарцбургитов, лерцолитов, габбро, норитов, гиперитов и др.

Одновременно идут и процессы рудообразования, составляющего лишь частный случай магматической дифференциации. Среди названных выше количественно господствующих

щих (породообразующих) минералов идет выделение платины, хромита, самородного железа, магнитного железняка, титаномагнетита, и др. При известных



Фиг. 40. Генетическая связь между магматическими породами и месторождениями металлов (по Грауту).

условиях (резко повышенного давления) из основных магнeзиальных магм выделяется углерод в виде алмаза.

Среди первичных выделений из магмы важное место занимают, наряду с силикатами, также сульфиды (сернистые соединения). Повидимому, еще на самой ранней стадии дифферен-

циации от силикатной магмы отделяется (путем так называемой ликвации) сульфидная магма, дающая начало крупным скоплениям пирротина, пентландита, железного и медного колчедана.

В результате протокристаллизации состав магмы претерпевает большие изменения. Из нее выделились большие количества Mg, Fe, Ca, Ti и др.; сильно возросло относительное количество кремнекислоты, щелочных металлов и др. Увеличилась концентрация летучих веществ.

Теперь выделяются в огромном количестве богатые натрием и кремнекислотой (кислые) полевые шпаты — андезин, олигоклаз; к ним присоединяется калиевый полевой шпат — ортоклаз, микроклин. Участие перегретой и диссоциированной воды (H·OH) сказывается появлением характерных водных минералов, концентрирующих остатки железа, магния, извести. Это — темные роговые обманки, темная слюда — биотит и др.

Наконец, избыток кремнекислоты начинает выделяться в виде кварца. Это — период главной кристаллизации. Выделение кислых полевых шпатов, роговых обманок, биотита, мусковита и кварца приводит к образованию грандиознейших масс гранитов и гранодиоритов — одних из наиболее распространенных пород в земной коре. Гранитом и гранодиоритом сложены крупнейшие геологические тела — батолиты, иногда достигающие по простиранию тысяч километров.

Наибольшая часть магматического материала расходуется в период главной кристаллизации. Те многочисленные летучие компоненты магмы — вода, фтор, бор, литий, бериллий, углекислота, сероводород и др., которые до сих пор играли хотя и весьма важную, но все же подчиненную роль, теперь, за огромной убылью затвердевшего материала, получают в остаточном алюмокремневом расплаве господствующее значение. Энергичной ролью этих элементов характеризуется пегматито-пневматолитовая стадия магматического процесса.

Эти последние выжимки магмы должны были бы остаться в середине застывающего батолита. Но обилие и газовое напряжение летучих компонентов увлекают их к периферии, к кровле батолита. Они прорывают не успевшие отвердеть или разорванные тектоническими движениями покровы, прокладывая себе путь иногда далеко за пределы материнской интрузии и образуя различной формы и мощности жилы, прихотливо ветвящиеся в верхней части батолита или в окружающих его породах. В этих жилах, получивших название пегматитовых, мы встречаем прежде всего уже знакомые нам минералы главной кристаллизации — кварц, полевой шпат, слюду. Но здесь, в свободных полостях — „занорышах“, образованных мощным напором газов, эти минералы выделяются не мелкими, стесняющими друг друга, внешне изувеченными кристаллами — зернами (как в горных породах), а крупными, хорошо образованными кристаллами или теми замечательными „пегма-

титовыми" срастаниями полевого шпата и кварца, о которых говорилось в начале вводной части (фиг. 17).

В пегматитовую стадию выделяется около 280 минеральных видов. Среди них: кварц, полевой шпат, слюда, драгоценные камни, минералы, содержащие легкие металлы (Li, Cs, Be и др.), радиоактивные и редкоземельные минералы, соединения вольфрама, молибдена, олова, мышьяка, висмута и многих других.

А. Е. Ферсман, на основании своих наблюдений и многочисленных наблюдений В. Бреггера, П. Ниггли, И. Фохта и др.,



Акад. А. Е. Ферсман.

построил схему сменяющих друг друга фаз пегматитового процесса. Имея в виду непрерывность природного явления, А. Е. Ферсман вводит в свою схему не только фазы собственно пегматитового процесса, но и этапы, непосредственно ему предшествующие (А и В) и непосредственно из него вытекающие (Н, I, К). Эти фазы или этапы, по предложению А. Е. Ферсмана, получили буквенные обозначения. Предложенная им схема охватывает десять температурно - градуированных фаз.

Фаза А (900—800°) — магматическая, отвечающая последним моментам главной кристаллизации (застывания гранитного батолита).

Фаза В (800—700°) — эпимагматическая — мелкозернистая (аплитовая) со своеобразными контактными оторочками из граната и магнетита.

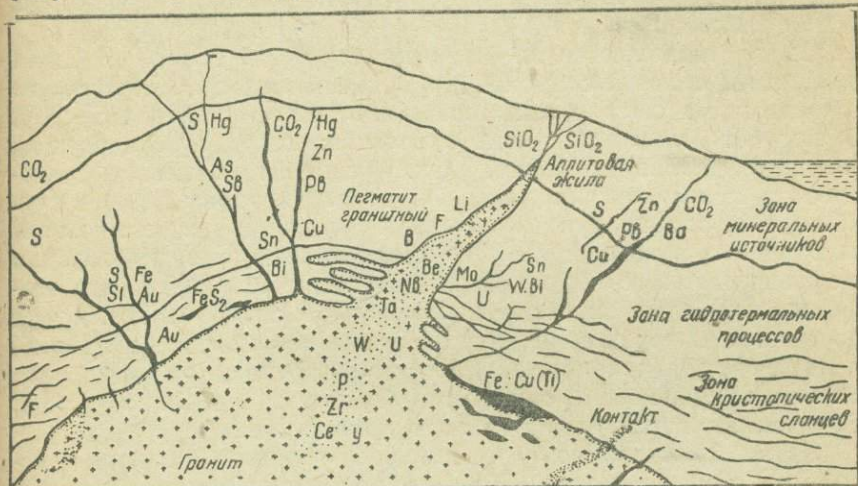
Фаза С (700—600°) — собственно пегматитовая, дающая характерные письменные структуры, располагающиеся у периферии жильных тел; ближе к центру — массы крупнозернистого агрегата полевого шпата и кварца. Для конца этой фазы характерно приближение к температурной точке в 575°, отвечающей переходу α -кварца в удлиненные кристаллы β -кварца. Здесь вместе с тем выпадает большое количество минералов урана, тория („черные минералы“ рудокопов), тантала, ниобия, иттрия, редких земель, отчасти циркония и фосфора (с марганцем и железом).

Фаза D, E (600—500°) — пегматоидная (флюидная, пневматолитическая), очень тесно связанная с предыдущей. Здесь именно концентрируются все летучие компоненты, мельчайшие примеси магмы, точно так же, как в непосредственно следующих фазах F, G.

Фазы F, G (500—400°) — надкритические (пневматолитические, близкие к условиям образования водных растворов).

К двум последним фазам относится наибольшая масса минералов пегматитовых жил: турмалина, топаза, берилла (амазонита), дымчатого горного хрусталя, мусковита, лепидолита, сподумена и т. п. К этой же фазе пегматитового процесса относится образование кварцевых жил с оловом, вольфрамом, молибденом, сульфидами железа, меди, цинка.

Фазы H, I, K (400—50°) — гидротермальные, характеризующиеся температурами ниже 375° (критическая температура



Фиг. 41. Разрез земной коры по Делонэ.

воды) водных растворов. Эти необычайно важные фазы уже выходят за пределы собственно пегматитового процесса, и мы их рассмотрим особо.

Фаза L (50° и ниже) гипергенная, связанная с накоплением землистых продуктов, иногда вторичного кальцита, халцедона, кварца и др.

Очерченный этой схемой пегматитовый процесс может различным образом видоизменяться. Так, например, проникнув в породы резко различного химического состава, пегматитовый расплав может вступить с ними в обменные реакции. Так получаются, например, обескремненные (десилифицированные) пегматиты со скоплениями корунда и др., или смешанные гибридные пегматиты в известняках, доломитах и др., дающие богатейший ассортимент минералов.

Наступающая вслед за пегматито-пневматолитовой гидротермальная фаза магматического цикла имеет также большое практическое значение. Отдаляясь от материнского очага, остывая все более, остаточные растворы постепенно превращаются в перегретые водные растворы — гидротермы. Эти „восходящие“ магматические воды разносят на далекие

расстояния (до 2—3 км) от очага разнообразные рудные вещества, отлагая их на стенках трещин и полостей в закономерной последовательности. Так образуются экономически столь важные рудные термальные жилы.

Закономерность в отложении жильных минералов заключается в том, что они отлагаются при определенных температурах. Одни из них выпадают на больших глубинах при сравнительно высокой еще температуре (гипотермальная стадия), другие на средней глубине (мезотермальная стадия), третьи — близ самой поверхности из вод, успевших уже в значительной степени остыть и смешаться с поверхностными водами (эпитермальная стадия).

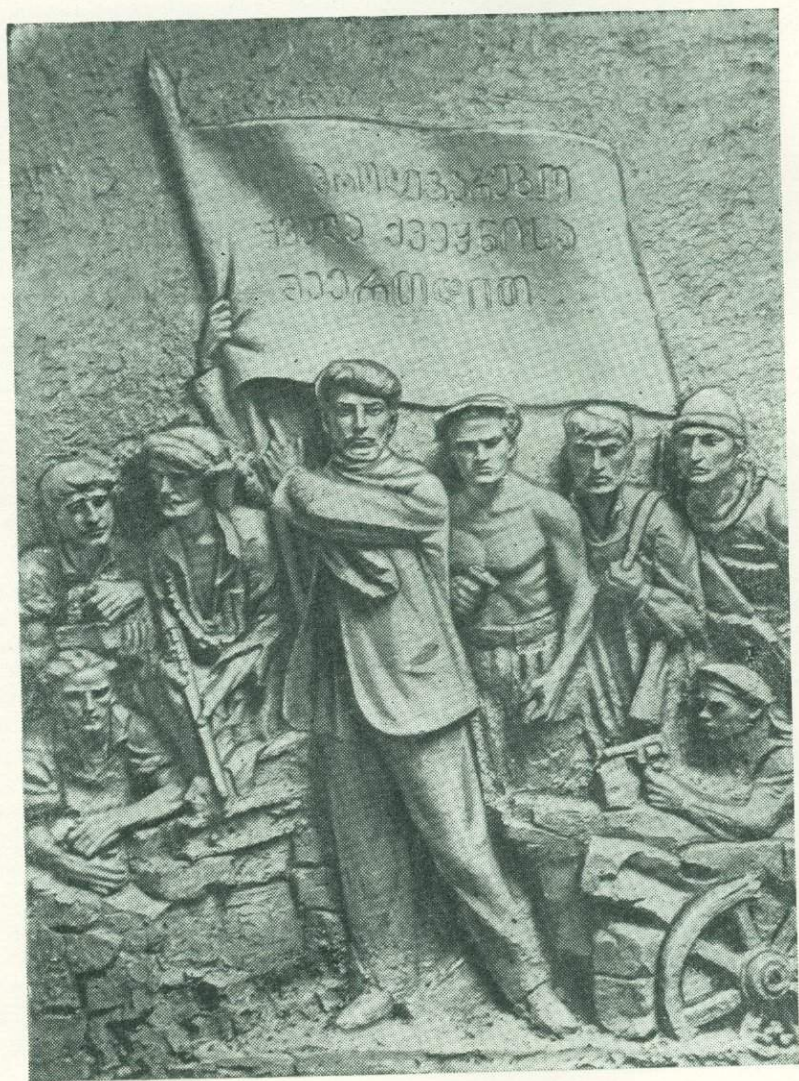
Среди выделяющихся из гидротерм минералов следует различать, с одной стороны, немногие минералы, выпадающие большими массами и составляющие тело жилы (75—90% ее весового состава). Сюда относятся: кварц или халцедон, флюорит, кальцит, барит, реже — сидерит, магнезит, родохрозит, целестин, гипс и др. С другой стороны, выделяется обширная ассоциация жильных рудных минералов, включенных в тело жилы. Они представлены главным образом сернистыми соединениями (также селенистыми и теллуристыми) тяжелых и цветных металлов. Здесь отлагаются (в порядке понижения температуры) руды молибдена (молибденит), меди (халькопирит, борнит и др.), цинка (сфалерит), свинца (галенит), серебра (аргентит и др.), золота, сурьмы, ртути, мышьяка и др. (по Эммонсу).

На этом минералообразование интрузивного цикла в основном заканчивается. Сбросив последние порции рудных веществ, но сохраняя еще следы прежнего минерального состава (соли щелочных и щелочноземельных металлов, углекислоту, сероводород), остаточные магматические струи иногда выходят наружу в виде „минеральных источников“.

Осадочный цикл

Осадочный (седиментационный, климатический) цикл протекает в „зоне выветривания“ на границе твердой коры с ат-





Фиг. 1. Барельеф, изображающий т. Сталина в молодости. Группа сделана из мягкого мелового мелкозернистого органогенного известняка (каменоломня Годагани около гор. Кутаиса). Институт Маркса-Энгельса-Ленина-Сталина в Тбилиси.

мосферной и водной средой. В самых общих чертах кругооборот седиментационных процессов можно характеризовать диаграммой, приведенной на стр. 84 (по Г. В. Тирелю).

Осадочный цикл изучен значительно менее; в нем нет таких физико-химических закономерностей, как в магматическом цикле. Пути миграции вещества здесь имеют в основе различные причины. Большая устойчивость по отношению к так называемым агентам выветривания направляет те или иные вещества в остаточные или механически-осадочные скопления; легкая растворимость обуславливает их вхождение в химические или органически-осадочные отложения.

Вода (ручьев, рек, болот, озер, морей) как химический растворитель и как бесконечно подвижный фактор физического разрушения, переноса и переотложения играет во всех этих процессах исключительно большую роль.

Живое вещество также играет огромную роль в миграции вещества, захватывая определенные химические элементы. Есть организмы, в большом количестве концентрирующие кальций, калий, кремний, железо, марганец, фосфор, серу, азот; их жизненные процессы и их гибель ведут к огромному накоплению минерального вещества. Широко известны, например, органогенные известняки, употребляемые для строительных и художественных целей (см. табл. I).

Большинство минералов, слагающих магматические горные породы или отдельные месторождения, неустойчивы в поверхностной зоне, богатой водой, свободным кислородом и кислотами (CO_2 , SO_3 и др.). Силикаты и алюмосиликаты переходят в гидраты, каолины, бокситы, опалы; железо и марганец, освобождаясь из кремнекислых солей, собираются в конечном счете в огромные скопления гидратов (бурые железняки, вады); коллоидное состояние вещества, а также участие биосферы играют при этом нередко огромную роль. Щелочи и щелочные земли улавливаются кислотными радикалами, переходят в карбонаты, сульфаты, нитраты, фосфаты, хлориды, поглощаются организмами биосферы и снова выделяются ими в многообразно измененных формах.

Устойчивые тела (кварц, многие тяжелые металлы) сносятся водами в бассейны, отлагаясь на дне; так образуются огромные скопления песков, цементируемых в песчаники и кварциты; этим же путем создаются вторичные, аллювиальные месторождения золота, платины, оловянного камня, вольфрамита, драгоценных камней (алмаза, корунда, граната и др.).

В современный геологический период в верхних частях земной коры, кроме бессознательной работы живого вещества, появился новый геологический фактор — геологическая работа человека, которая проявляется — при участии сельского хозяйства — в изменении состава почв, при участии промыш-

ленности и коммунального хозяйства — в изменении состава воздуха, воды и горных пород. В результате геологической работы человека также происходит образование минералов.

Метаморфический цикл

Этот цикл не создает нового материала, но главным образом преобразует старый. Главная область метаморфических процессов относится к особой термодинамической зоне, лежащей на глубине 6—10 км от поверхности. Погружаясь на эту глубину, минеральные комплексы, магматические или осадочные, претерпевают глубокие изменения состава и структуры. Под влиянием огромного давления, сопровождаемого высокой температурой, аморфные вещества здесь кристаллизуются, кристаллические подвергаются перекристаллизации. Того же порядка изменения возникают в минеральных ассоциациях в том случае, если новые термодинамические условия созданы влиянием крупного интрузивного тела.

Характерными породами метаморфической зоны являются кристаллические сланцы, отличающиеся чрезвычайно широким распространением. Преобладающая часть их состоит из кварца, полевых шпатов, слюд, роговых обманок, пироксенов. Здесь характерны также ассоциации специфических минералов, образующихся именно в условиях очень высоких давлений: кианит, силлиманит, ставролит, алмаз, графит, эпидот (в образовании некоторых из названных минералов играет роль также конституционная вода). Большинству минералов этой зоны свойственны листоватые, пластинчатые, стебельчатые, игольчатые формы, тяготеющие к одной плоскости (перпендикулярной к направлению давления).

Особо должны быть отмечены явления контактного метаморфизма, действие которого сказывается в различном преобразовании минерального состава пород, вступивших в непосредственное соприкосновение с магмой. По характеру идущих при этом реакций (переплавление, растворение, привнос нового вещества из магмы) эти явления можно иногда рассматривать как частный случай магматического цикла.

ТИПЫ МИНЕРАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В результате всех этих кратко охарактеризованных процессов происходит образование как крупных масс горных пород, изучаемых петрографией, так и различных минеральных месторождений.

Единой классификации минеральных месторождений не имеется.

Наиболее широкой известностью пользуется нижеприводимая классификация минеральных месторождений американского ученого В. Линдгрена.

- I. Минеральные месторождения, образованные механическими процессами концентрации (температура и давление умеренные).
- II. Месторождения, образованные химическими процессами концентрации (температура и давление образования месторождений колеблются в широких пределах).

A. В поверхностных водах.

1. При взаимодействии растворов:

a. Неорганическими реакциями.	}	Температура от 0 до 70° ±
b. Органическими реакциями.		Давление от умеренного до сильного
2. При испарении раствора.

B. В горных породах

1. Концентрация вещества, содержащегося в самом геологическом теле:

- a. Концентрация при разложении и остаточном выветривании пород вблизи поверхности;

}	Температура 0—100° ±
	Давление умеренное
- b. Концентрация грунтовыми водами глубиной циркуляции;

}	Температура 0—100° ±
	Давление умеренное
- c. Концентрация, вызванная динамическим и региональным метаморфизмом.

}	Температура до 400° ±
	Давление высокое

2. Концентрация, полученная в результате внедрения в горные породы посторонних веществ:

- a. Происхождение, не зависящее от магматической деятельности; концентрация при участии циркуляции атмосферных вод на средней и малой глубине;

}	Температура до 100° ±
	Давление умеренное.

- b. Происхождение, связанное с магматической деятельностью

- 1) При участии горячих восходящих вод неизвестного происхождения, но содержащих магматические эманации:

- a) Отложения и концентрация на небольшой глубине — эпитеральные месторождения;

}	Температура 50—200° ±
	Давление умеренное

- b) Отложение и концентрация на средней глубине — мезотермальное месторождение;

}	Температура 200—300° ±
	Давление высокое

- c) Отложение и концентрация на большой глубине или при высокой температуре и давлении — гипотермальное месторождение.

}	Температура 300—500° ±
	Давление очень высокое

- 2) Концентрация при непосредственной эманационной деятельности:

- a) Из интрузивных тел — контактово-метаморфические или пирометасоматические месторождения;

}	Температура, вероятно, 500—800°. Давление очень высокое
---	---

- b) Из эффузивных тел — возгоны и фумаролы.

}	Температура 100—600°
	Давление от нормального до повышенного

C. В магмах при процессах дифференциации.

- a. Собственно магматические месторождения;

}	Температура 700—1500°.
	Давление очень высокое
	Температура около 575°.
- b. Пегматиты.

}	Давление очень высокое
---	------------------------

КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ МИНЕРАЛОГИИ

На долгом пути развития культуры минералогические знания были в числе первых и важнейших приобретений человечества. В жестокой борьбе за жизнь первобытный человек нашел среди камней оружие для защиты и нападения, орудия для труда, материал для хозяйственного обихода. Он усердно искал различные камни, примечал их полезные свойства и учился обрабатывать их. Красота самоцвета поразила его воображение, зародив представление о магической, таинственной, зловещей или целебной силе камней.

Минералогия, прежде чем достигнуть современного состояния, прошла несколько этапов развития. Развитию минералогии как науки предшествовала многовековая эпоха накопления опыта, кропотливого собирания фактов и наблюдений, научное значение которых (например, электризация янтаря) определилось много позднее. Этот тысячелетний опыт не пропал для науки.

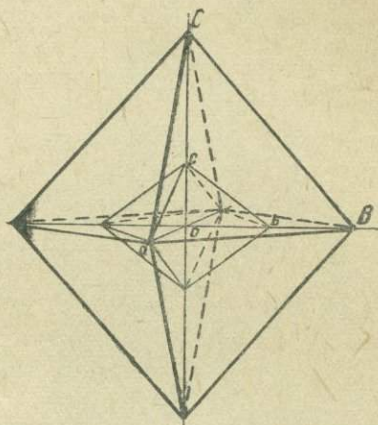
От первого периода минералогии до нас дошло несколько письменных памятников. Великий мыслитель древности Аристотель (384—322 гг. до нашей эры) и его ученик Теофраст (371—286) дали первые списки минералов с попытками их классификации. В I в. нашей эры выделяется замечательное для своего времени сочинение римского исследователя Плиния Старшего, погибшего при извержении Везувия в 79 г.; в этой работе, наряду с фантастическими преданиями, сообщается много верных и интересных сведений о минералах, названия которых отчасти сохранились до наших дней (например, аурипигмент).

В средние века развитие минералогического знания приостановилось. Лишь после тысячелетнего перерыва, среди фантастики средневековых ляпидариев, оно вновь заявляет о себе в труде мавританского философа Авиценны (Ибн-Сина, родом из Бухары, 980—1055) — единственного минералога средних веков, давшего в своем „Трактате о минералах“ классификацию известных ему минералов, сохранявшуюся долгое время: 1) камни и земли, 2) горючие и сернистые ископаемые, 3) соли, 4) металлы.

В эпоху Возрождения первые попытки облечь в стройную форму тысячелетний запас эмпирических знаний, — в особенности обогащенный опытом немецких, чешских и итальянских рудокопов, принадлежат двум ученым XVI в. — итальянцу Вануччио Бирингуччио (ум. 1538) и саксонскому врачу Георгию Бауэру-Агриколе (1490—1555). Заслуги этих работников, в особенности Агриколы, очень велики. Агрикола дал сводку всего, что было известно до тех пор о минералах и горных породах (оба понятия в то время еще смешивались). Он разделил природные минеральные тела на 5 классов: 1) горючие, 2) земли, 3) камни, 4) металлы, 5) металлоиды, — проводя при этом их детальную диагностическую характеристику —

по цвету, блеску, прозрачности, вкусу, запаху, осязательным свойствам (компактность, рыхлость, шероховатость, гладкость), весу, твердости и т. п.

Работы Агриколы и Бирингуччио дали мощный толчок развитию минералогии. Однако лишь со второй половины XVIII столетия, в связи с общими успехами описательного естествознания, начался быстрый рост минералогии. С этих пор почти каждое десятилетие выдвигает имена исследователей, прославивших себя обширными трудами или отдельными открытиями. Здесь нельзя пройти мимо датского ученого Рasmus Бартолина (ум. 1698), открывшего в кальците двойное лучепреломление (на котором построена вся современная

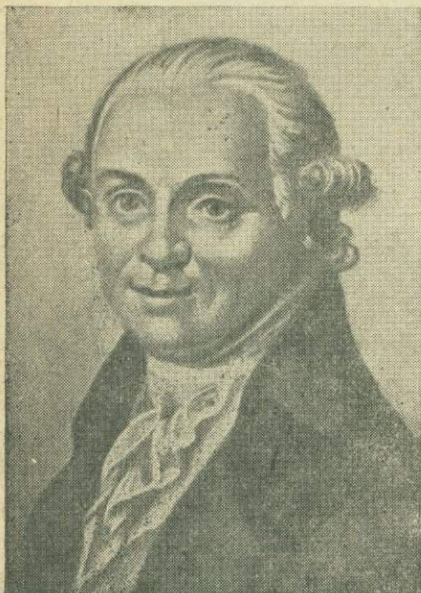


Фиг. 42. Р. Гаюи и его закон простоты и рациональности параметров.

методика оптического изучения минералов и горных пород); не менее блестяще открытие ученика Бартолина анатома Николая Стенона (1636—1687), подметившего постоянство граничных углов на кристаллах кварца, гематита и пирита. В этот же период Швеция выдвигает плеяду замечательных ученых (М. Брюмелль, Э. Сведенборг, И. Валлериус, знаменитый естествоиспытатель К. Линней), среди которых особые заслуги перед минералогией принадлежат А. Кронштедту (1702—1765), впервые давшему классификацию минералов как химических соединений и поставившему перед минералогией (как химией земли) задачи, близкие к современному их пониманию.

Отныне развитие минералогии идет гигантскими шагами, причем в ней с большой яркостью обозначаются два, то резко обособленные, то тесно сближающиеся направления научной работы: кристаллографическое, сосредоточившееся на геометрических формах минералов, и химическое, стремящееся возможно глубже проникнуть в тайны их внутреннего состава и структуры.

С первым направлением связаны два славных имени: Роме де Лиля (de L'Isle, 1736—1790), описавшего с помощью усовершенствованного им гониометра Каранжо до 500 правильных кристаллических форм и доказавшего применимость подмеченного Стеноном постоянства углов ко всякому кристаллизованному веществу, и Рене Жюста Гаюи (1743—1821), основоположника современной кристаллографии, создавшего теорию структуры кристаллов и установившего плодотворный закон рациональных отношений параметров (фиг. 42). Работая с особенным рвением и блеском в области геометрической кристаллографии, Гаюи не упустил, однако, из вида химический состав минералов. Считая все минералы определенными химическими соединениями, он пытался поставить их состав в тесную связь с кристаллической формой. Утвержденная Гаюи на прочном основании кристаллография достигла в дальнейшем развития и совершенства в капитальных трудах В. Гольдшмидта (1853—1933)¹, П. Грота (1843—1927), знаменитого русского кристаллографа Е. С. Федорова (см. ниже) и др.



А. Г. Вернер.

Но и чисто минералогическое течение продолжает непрерывно расти и углубляться. Руководящая роль от Швеции возвращается вновь к родине Агриколы—Саксонии, давшей в лице И. Генкеля (1679—1744) учителя первому русскому минералогу М. В. Ломоносову. Фрейбергская минералогическая школа, опиравшаяся на огромный опытный материал саксонских рудоискателей, в XVIII и XIX столетиях выдвинула ряд выдающихся ученых. Современником Гаюи был знаменитый Абраам Готтлоб Вернер² (1750—1817), прозванный немцами „отцом геологии“. Заслуги его перед минералогией (которую он под именем „ориктогнозии“ отделил от других наук о земле) состоят в ясном сознании необходимости изучения минералов в природных условиях, но главным образом в талантливом преподавании, содействовавшем популяризации минералогических знаний. Ближайшими последователями Вер-

¹ Не надо смешивать с известным норвежским геохимиком В. М. Гольдшмидтом.

² Не надо смешивать со швейцарским ученым А. Вернером (1866—1919), положившим начало построению структурных формул и внесшим много новых идей в понятия валентности и химического сродства.

нера были Фридрих Моос (Mohs, 1774—1839), автор обширного трактата по минералогии, предложивший, в частности употребляемую донныне шкалу твердости минералов, и Иоганн-Август Брейтгаупт (1791—1869), фрейбергский минералог, глубоко понявший (подмечавшуюся многими ранее) закономерность совместного происхождения минералов (парагенезиса) и настойчиво вводивший эту идею как в истолкование минералообразующих процессов, так и в практику горно-разведывательного дела. Ему же принадлежат важные указания на роль коллоидного вещества в природных реакциях и др.

Химическое направление в минералогии нашло исключительно яркого представителя в лице крупнейшего шведского химика Иоганна Якоба Берцелиуса (1779—1848), рассматривавшего минералогию как минеральную химию, исследовавшего химический состав множества минералов, которые он стройно классифицировал, придав им впервые введенные им химические формулы. Некоторые классификационные его разделы сохранили все свое значение до наших дней (например аналогия сульфидов и сульфосолей с кислородными соединениями).

Рядом с Берцелиусом естественно поставить его выдающегося ученика Эйльгарда Митчерлиха (1794—1863), введшего в истолкование химического состава минералов (в особенности сложных, неопределенных химических соединений, долго остававшихся непонятными) глубокую и плодотворную идею об изоморфизме, т. е. о способности минералов, обладающих сходной химической формулой и принадлежащих к одному кристаллическому классу, образовывать друг с другом физически однородные смеси типа твердых растворов с переменным составом. Мысли Митчерлиха были в дальнейшем развиты и уточнены в трудах Г. Розе (1798—1873), московского минералога И. П. Германа (1805—1879), известного венского ученого Густава Чермака (1836), Я. Г. Вант-Гоффа (см. ниже), Г. Г. Гримма (род. 1887) и др.

Дальнейший быстрый рост науки позволяет в сжатом обзоре отметить лишь отдельные особо важные моменты. На помощь познанию природных процессов путем наблюдения приходит мощная техника научного эксперимента. Синтетическая минералогия открывает возможность прямого наблюдения за образованием минералов из расплавов, газов и растворов. Таким образом экспериментально проверяются теоретические представления о генезисе минералов и горных пород. Успешные опыты по синтезу минералов делал еще Митчерлих. Однако истинными основоположниками синтетической минералогии являются французы Ф. Фуке (1828—1904) и его ученик А. Мишель-Леви (1844—1911); в этой же области весьма успешно трудились Г. О. Добре (1814—1896), его ученик Э. С. Менье (1843—1925), К. А. Дёльтер (1850—1930), И. А. Морозевич (1865), автор превосходной работы по синтезу магма-

тических минералов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (см. ниже) и др. В новейшее время синтетическая минералогия достигла огромных успехов в трудах Вашингтонского геофизического института.

К середине XIX века минералогия располагает уже громадным запасом научно обработанного фактического материала, и ряд авторов предпринимает его систематическое описание. Среди различных более или менее обширных сводок наиболее капитальные принадлежат: американцу Джемсу Двайту Дана (1813—1895), автору хорошо известной каждому минералогу „The System of Mineralogy“ и двум немцам: Карлу Адольфу Гинтце (1851—1916), автору „Handbuch der Mineralogie“ и Корнелию Августу Дельтеру (1850—1930), автору и редактору многотомного „Handbuch der Mineralchemie“ (издававшегося с 1913 по 1931 г.), представляющего итог многолетнего химического изучения минералов.

Необычайных успехов достигла в исходе XIX в. минералогия осадочного цикла с его сложным химизмом и часто своеобразным состоянием вещества. Огромные заслуги в этой области принадлежат гениальному основателю современной физической химии голландскому химику Якову Гейнриху Вант-Гоффу (1852—1911) и его ученикам. Вант-Гофф, положив много труда на изучение знаменитых стаффуртских соляных отложений, разработал глубокую теорию сложных физико-химических равновесий в замкнутых бассейнах. Его идеи, иллюстрированные блестящим графическим методом, впервые дали стройную картину кристаллизации и порядка выделения хлоридов и сульфатов щелочей и щелочных земель. Другим огромным вкладом в минералогия верхних зон земной коры были обобщения рано умершего австрийского исследователя Феликса Корню (1882—1909), пролившего яркий свет на роль коллоидного вещества в этих зонах.

На рубеже XX в. последовали почти одновременно два великих открытия, значение которых для научной мысли вообще и для минералогии в частности непрерывно растет. В 1895 г. вюрцбургский физик Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) открыл широко известные ныне X-лучи или рентгеновские лучи, отличающиеся способностью проникновения в твердые тела. В следующем году французский физик А. Беккерель (1852—1908) заметил радиоактивное излучение солей урана, положив вместе с М. Кюри (1867—1934) начало дальнейшим исследованиям, которые привели к современному развитию радиологии.

Подлинной революцией в минералогии (и в ряде смежных с ней дисциплин) было открытие в 1913 г. немецким физиком Максом Лауэ (род. 1879) дифракции рентгеновских лучей, проходящих через кристаллы. Открытие Лауэ, блестяще развитое в дальнейшем работами англичан Вильяма Георга Брэгга (род. 1862), его сына Лауренса Брэгга (род. 1800), немца Петера Дебай (род. 1884), русского

кристаллографа Г. В. Вульфа (1863—1928) и др., сделалось мощным орудием изучения внутренней структуры кристаллов и коллоидальных тел. Значение рентгеноскопии для минералогии прекрасно выражено известным американским ученым Ал. Н. Винчеллом. Если, по его словам, кристаллографы познавали минерал в той мере, в какой можно познать здание, созерцая его снаружи, если химики пытались познать это здание, разрушив его и затем изучая в отдельности входившие в его состав материалы, то рентгено-структурный анализ впервые позволил нам войти в здание и обозреть его внутреннее расположение и убранство.

Намечавшиеся со времени М. В. Ломоносова и А. Лавуазье (1743—1794) в научных представлениях химиков, минералогов, геологов, биологов контуры новой науки — геохимии, название которой вместе с замечательным определением мы находим впервые в сочинении базельского ученого Х. Шенбейна (1799—1868), принимали все более ясные очертания в общении К. Г. Бишофа (1792—1870), Эли де-Бомона (1798—1874), И. А. Брейтгаупта. Но лишь в XX в. они приняли форму самостоятельной научной дисциплины, близко родственной минералогии, но идущей своим путем. Расцвет геохимии тесно связан с именами Ф. Кларка (1847—1931), И. Фохта (1858—1932), В. И. Вернадского (род. 1863), В. М. Гольдшмидта (род. 1888), А. Е. Ферсмана (род. 1883) и др.

Так мы подошли к современному состоянию минералогии. Необычайно широкий охват ею природных процессов, изучение их в естественной обстановке и в лаборатории, огромность накопленного научного материала, новые взгляды на природу вещества и постановка все новых проблем, изумительные усовершенствования исследовательской техники, приложение к изучению минеральных ассоциаций законов физической химии и т. д. — все это привело к дифференциации единой науки. Не теряя связи с минералогией, быстро развились специальные ветви — кристаллофизика и кристаллохимия, радиология, рентгеноструктурный анализ, синтетическая минералогия. В тесном сотрудничестве с минералогией работает петрография (петрология), изучающая сложные ассоциации минералов — горные



М. Кюри.

породы — и давшая чрезвычайно много материала для понимания генезиса и парагенезиса минералов. Опираясь на этот обширный комплекс научных знаний и на непрерывно растущий опыт горного дела, выросла и мощно развилась прикладная минералогия, сосредоточившаяся в десятках специальных институтов, трудящихся над выработкой наиболее совершенных методов поисков, добычи и промышленного использования ископаемых богатств.

Русским ученым принадлежит почетное место в истории минералогии. Уже всеобъемлющий гений М. В. Ломоносова (1711—1765) предвосхитил многое в том комплексе геологических, геохимических и физико-химических идей, которыми определялось в дальнейшем все движение науки. В частности он ясно сознавал значение парагенезиса минералов. Из плеяды замечательных минералогов, кристаллографов, геохимиков и петрографов, выдвинувшихся в XIX и начале XX в., здесь могут быть кратко упомянуты лишь крупнейшие.



Акад. Н. И. Кокшаров.

П. В. Еремеев (1830—1892), также положивший много труда на изучение и описание минералов русских месторождений.

В. В. Докучаев (1845—1903), один из основателей химического направления в русской минералогии, заложивший прочные основы русского почвоведения.

Е. С. Федоров (1853—1919), академик и профессор Петербургского горного института, знаменитый кристаллограф, разработавший систему определения минералов по деталям их внешних форм и предложивший оригинальную методику кристалло-оптического исследования (Федоровский столлик).

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1861—1939), петролог с мировым именем, давший ряд блестящих работ по вопросам кристаллизации магмы, по систематике горных пород и много работавший над методами синтеза минералов и горных пород.

Н. С. Курнаков (род. 1860), развивший идеи Вант-Гоффа о кристаллизации из соляных растворов. Он и его школа достигли важных результатов в изучении процессов накопления и отложения минералов в замкнутых бассейнах. В лабораторной практике разработал оригинальные методы термического анализа минералов.

В. И. Вернадский (род. 1863), виднейший основатель геохимии и биогеохимии и организатор изучения этих дисциплин в СССР. Крупнейший минералог, обогативший науку множеством глубоких идей. В частности автор оригинальной теории сложных силикатов как производных комплексных алюмокремневых кислот.

А. Е. Ферсман (род. 1883), один из талантливейших представителей генетического и геохимического направления в минералогии, автор капитального 4-томного труда по геохимии, неутомимый исследователь, изучивший особенно полно процессы минералообразования пегматитовых жил и развивший в блестящей форме ряд практически плодотворных идей об естественном распределении полезных ископаемых на территории Союза.



Д. Дана.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Принципы классификации минералов менялись много раз. К минералам можно подходить с разных точек зрения и в зависимости от этого группировать их в те или иные системы. Наиболее выдержанная система была предложена американским ученым Д. Дана в 1837 г., построившим классификацию минералов по типу химического соединения.

Классификация Д. Дана

- Первый класс — самородные элементы
- Второй " — сульфиды, теллуриды, арсениды, антимониды
- Третий " — сульфосоли, сульфоарсениды, сульфоантимониты, сульфобисмутиты и т. д.
- Четвертый " — галоиды: хлориды, бромиды, иодиды, фториды
- Пятый " — оксиды (окислы)
- Шестой " — кислородные соли
 1. Карбонаты
 2. Силикаты, титанаты

3. Ниобаты, танталаты
4. Фосфаты, арсенаты, ванадаты, антимонаты, нитраты
5. Бораты, уранаты
6. Сульфаты, хроматы, теллулаты
7. Вольфраматы, молибдаты

Седьмой класс — соли органических кислот: оксалаты, меллаты и пр.
 Восьмой „ — углеводороды.

Выделение групп внутри этих классов представляется не всегда убедительным. Например: во втором классе выделена группа антимонита: антимонит Sb_2S_3 , бисмутинит Bi_2S_3 и молибденит MoS_2 . У первых минералов аналогичная формула, у молибденита формула другого типа; антимонит и молибденит имеют разного типа кристаллические решетки, генезис этих минералов различный. Полиморфные разновидности сернистого цинка (сфалерит — вюрцит) и сернистой ртути (киноварь — метациннабарит) попадают в разные, генетически несвязанные группы. При рассмотрении гидратов окислов обращает внимание группа диаспора, куда относятся:

Диаспор $Al_2O_3 \cdot H_2O$

Гётит $Fe_2O_3 \cdot H_2O$

Манганит $Mn_2O_3 \cdot H_2O$

Прочие гидраты алюминия, железа и марганца попадают уже в разные группы. Все это создает большие неудобства в пользовании этой системой.

Другие классификации

Другая химическая классификация, на рассмотрении которой мы остановимся, принята В. И. Вернадским в его „Истории минералов земной коры“ (1927 г.). Эта классификация подразделяет минералы следующим образом:

- I. Свободные элементы и их смеси (самородные элементы).
- II. Водородные минералы.
- III. Серные и селеновые соединения.
- IV. Производные арсинов и стибнинов.
- V. Теллуристые соединения.
- VI. Висмутовые соединения.
- VII. Фосфорные, азотные и углеродные металлы.
- VIII. Кислородные перекиси, основания и ангидриды.
- IX. Гидраты и фторангидриды.
- X. Кислородные соли и продукты присоединения к ним.
- XI. Оксигалоидные соединения.
- XII. Галоидные соединения.
- XIII. Кремневые соединения без ясного солевого характера (стекла).
- XIV. Углеродистые, содержащие кислород соединения, не имеющие солевого характера.

В своих ранних курсах минералогии акад. В. И. Вернадский (1907—1908 гг.) делает значительное облегчение для учащихся, описывая, например, все гидраты окиси железа в одном месте, что значительно упрощает понимание генезиса этих минералов. Введены логические схемы алюмосиликатов, упрощающие запоминание трудных формул. Классификация

В. И. Вернадского является дальнейшим развитием классификации минералов по типу химического соединения, предложенной Д. Дана.

Другого типа классификация, предложенная английским ученым Рэтли, базируется на описании минералов по ведущему химическому элементу.

По Рэтли минералы делятся на следующие отделы и классы:

I отдел — неметаллические минералы

Минералы углерода	Минералы кальция
” бора	” бария
” серы	” стронция
” селена	” магния
” аммония	” алюминия
” натрия	” кремния
” калия	

II отдел — металлические минералы

Минералы титана	Минералы свинца
” тория	” железа
” вольфрама	” кобальта
” тантала	” никеля
” молибдена	” меди
” урана	” ртути
” хрома	” серебра
” марганца	” золота
” мышьяка	” платины
” сурьмы	” палладия
” висмута	” осмия
” теллура	” иридия
” цинка	” родия
” кадмия	” рутения
” олова	

Из новейших классификаций следует отметить классификацию швейцарского ученого П. Ниггли, который распределил все минералы по кристаллографическим системам. У Ниггли каменная соль рассматривается рядом с галенитом, а цинковая обманка с алмазом.

Одновременное существование в минералогии разнотипных классификаций указывает на то, что минералы можно изучать с разных сторон. Если в ботанике и в зоологии в основу классификации положены законы эволюции и на основании их создана естественная классификация, то в минералогии пока это сделать нельзя. Однако мы можем сказать, что основой минерального мира являются химические элементы, которые входят в кристаллические решетки, в жидкие и газообразные тела. Это обстоятельство заставляет нас отказаться от кристаллографической классификации Ниггли, в которой игнорируются химическая природа и генезис минералов и совершенно не предусматриваются газообразные и жидкие минералы. Классификация Дана и другие, базирующиеся на типе химического соединения, также мало удобны, так как

в них в большей или меньшей степени затушевываются процессы химических превращений в земной коре.

Остается классификация Рэтли. Но последняя построена без учета распределения химических элементов в земной коре. Химические элементы расположены по случайным признакам; среди них отсутствуют галогены — фтор, хлор, иод, бром. Минералы в ней разделены на два отдела — на металлические и неметаллические; принцип деления также не выдержан: из неметаллических минералов гидрата окиси алюминия получается металлический алюминий, с другой стороны из диоптаза медь не добывается, однако он попал в отдел металлических минералов.

Все это дало основание автору предложить новую геохимическую классификацию по химическим элементам. Основные положения этой классификации следующие:

а) минералы группируются по химическим элементам, т. е. подразделяются на минералы железа, серы, углерода, свинца, меди и т. п. При этом положении часть минералов многократно повторяется;

б) минерал подробно описывается в классе того элемента, для которого данный минерал имеет наибольшее экономическое значение; например, свинцовый блеск (PbS) описывается подробно в группе свинцовых минералов, в группе минералов серы он только упоминается;

в) химические элементы располагаются по признаку нахождения в земной коре промышленных скоплений минералов, содержащих данный элемент.

В основу предлагаемой автором классификации положен геохимический принцип. В ней последовательно рассматриваются минералы всех химических элементов, слагающих доступные наблюдению оболочки земного шара.

Эти концентрические оболочки кратко охарактеризованы нами выше, к ним относятся: верхняя газовая оболочка — атмосфера, главная вещественная масса которой (80% по весу) относится к нижней, азотно-кислородной части тропосферы. Ниже газовой лежит жидкая оболочка — гидросфера, являющаяся — в отличие от атмосферы — прерывистой оболочкой. С химической точки зрения, это — кислородно-водородная оболочка, так как эти два элемента в ней господствуют. Рядом с ними крупная роль здесь принадлежит хлору и натрию. Эти четыре элемента составляют 99,7% весового состава гидросферы: кислороду принадлежит 85,8%, водороду 10,7%, хлору 2,1%, натрию 1,1%.

Твердая оболочка земного шара — литосфера — содержит почти все известные нам минералы и является главной областью достоверно известных нам типов химических реакций. К ней принадлежит суша и на ней лежит гидросфера. В зависимости от химического состава, в ней можно, в свою очередь, выделить несколько более дробных химических оболочек.

Самую верхнюю часть литосферы, взятую в целом, можно назвать осадочной оболочкой, где первенствующая роль принадлежит органогенным, химическим и механическим осадкам, главным образом водного происхождения. Здесь преобладают кислород, кремний, алюминий, водород, кальций, углерод. С верхним ее слоем, охватывая часть атмосферы и всю гидросферу, совпадает область живого вещества — биосфера, характеризующаяся огромной концентрацией углерода.

Вторая промежуточная оболочка литосферы составляет по весу главную массу земной коры. В общем ее состав почти отвечает среднему составу земной коры. Эту оболочку можно назвать гранитной. В ней резко преобладают кислород, кремний, алюминий, железо, магний, кальций, натрий, калий, водород.

Ниже ее предполагается нахождение магматической оболочки, характеризующейся значительным увеличением количества магния и железа и уменьшением роли кремния и алюминия, а также других химических элементов, типичных для гранитной оболочки. Ее называют, согласно предложению американского ученого Дели, базальтовой оболочкой.

Всматриваясь в общую картину распределения химических элементов по различным оболочкам земной коры, мы, с одной стороны, замечаем в этом распределении ясное проявление гравитационного принципа, т. е. расположение элементов по относительному удельному весу. Его выражение мы находим в отмеченной выше схеме Гольдшмидта, разделяющего элементы на четыре класса: атмосферных, литофильных, халькофильных и сидерофильных элементов.

Однако сила тяжести не является единственным фактором этого распределения. Иногда, по выражению Гольдшмидта, сила тяжести „оказывается обманутой в своем действии“, благодаря чему мы встречаем скопления тяжелых металлов в верхних частях литосферы. Часто действуют силы, направленные как бы изнутри во вне, так называемые эндогенные силы, стремящиеся нарушить те формы равновесия, которые связаны с действием силы тяжести, а также с явлениями так называемых экзогенных сил — выветривания, деятельности организмов и т. д.

К их числу в одну из первых очередей надо отнести проявление магматизма. Внедряясь в толщу земной коры, в связи с тектоническими явлениями (горообразованием, разломами земной коры и т. д.) магматогенные породы нарушают то распределение химических элементов, которое установилось в значительной мере в результате их первичного распределения, начиная с древнейших стадий существования земли, под влиянием силы тяжести. С ними также связаны некоторые магматические процессы (дифференциация магмы, выделение сульфидов под влиянием ликвации, образование магматических рудных сегрегаций) и постмагматические процессы (образование пегматитовых и рудных гидротермальных жил, кон-

такт — метасоматические породы и руды), летучие вещества, явления „магматической экстракции“ и т. п., которые приводят к разнообразному перемещению тяжелых элементов и накоплению в рудных месторождениях большинства практически важных металлов. Многочисленные наблюдения показали, что отложения металлов над охлаждающимися магматическими очагами очень закономерно распределены в пространстве. Вместе с тем установлены различия в металлогенической роли так называемой кислой или гранитной и основной или габброидной магмы. Для той и другой характерен им присущий ряд элементов.

Последовательность выделения элементов над гранитным очагом издавна привлекала внимание ряда исследователей (Ниггли, Фохт, Шнейдерхён, Ферсман, Эммонс, Сперр и др.). Очень хорошо она выражена в работах американского ученого В. Линдгрена. Все обобщения этого рода сводятся к тому, что в выделениях минеральных ассоциаций при указанных процессах — при всех частных отклонениях — ярко выступает закон зональности. В зоне, ближайшей к поверхности, из эпитермальных и эпимагматических растворов отлагаются: киноварь (сульфид Hg), антимонит (Sb_2S_3), реальгар (AsS), аурипигмент (As_2S_3), самородное золото, арсениды Ni и Co, марказит (FeS_2), карбонаты Ca и Fe, цеолиты, халцедон, флюорит. На средних глубинах — сульфиды Pb, Ag, Zn (Cd), сульфосурьмяные и сульфомышьяковые соединения с медью, кальцит, барит, кварц; еще ниже из высокотемпературных (гипо-термальных) растворов выделяются: пирит (FeS_2), халькопирит ($CuFeS_2$), арсенипирит ($FeAsS$), шеелит ($CaWO_4$), гематит (Fe_2O_3), самородное золото, молибденит (MoS_2), кварц, турмалин, анкерит и др. При еще более высоких температурах, превышающих критическую температуру воды, идут реакции пневматолита с выделением оловянного камня (SnO_2), вольфрамита (Fe, Mn) WO_4 , молибденита (MoS_2), топаза, берилла. Эта стадия близка к пегматитовой, где в крупных, порою гигантских кристаллах выделяются полевые шпаты, слюды, дымчатый кварц, берилл, минералы U, Ta, Nb и редких земель, циркон, монацит, церит.

На наибольших глубинах при наиболее высоких температурах из тяжелых железо-магнезиальных магм выделяются Pt, Os, Ir, хромшпинелиды, титаномагнетит, сульфиды никеля (отчасти кобальта), оливин, пироксены, основные плагиоклазы.

Суммируя наши представления о закономерном распределении вещества земной коры, обусловленного, как первично-гравитационной, так и последующей магматической и постмагматической его сортировкой, учитывая также его дополнительные перемещения в процессах гипергенеза, — мы легко замечаем, что один и тот же элемент может быть встречен в различных оболочках земной коры. Это может быть отмечено даже для элементов вполне типоморфных, т. е. по

преимуществу свойственных той или иной генетической области, — не говоря уже о ряде важных элементов — Si, Al, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, S, F, которым Ниггли дал название „вездесущих“.

Рассмотренные выше закономерности химического состава земных оболочек, а также распределения элементов около остывающих очагов гранитной и габброидной магмы учтены автором как наиболее важные для практической деятельности человека. Они получили отражение в порядке рассмотрения минералов, сведенных в группы по химическим элементам, входящим в их состав, а также и в расположении самих элементов в той последовательности, которая наблюдается в оболочках земного шара. Что же касается элементов, повторяющихся в различных оболочках (напр. F, B, Na, K, Fe, Mn, P, Ca, Ni и др.), то автор привязывает минералы этих элементов к тем оболочкам, для которых известны наиболее важные промышленные скопления того или иного элемента. Так, напр., минералы типичных сидерофилов — фосфора, углерода, железа, ванадия и др. рассматриваются среди минералов зоны гипергенеза, так же как и бор, хотя он также является одним из энергичнейших минерализаторов пегматитопневматолитовой стадии.

Конечно, предлагаемая автором систематика является (как и всякая другая) лишь рабочей схемой, более или менее условной. Сложный мир химических процессов земли, своеобразное и далеко еще в целом не уясненное поведение и пути миграции многих элементов в земной коре, не укладываются в рамки неподвижной системы.

Таким образом обзор минералов по элементам начинается от атмосферы и идет до основных глубинных пород, находящихся в нижних частях литосферы. А в основу распределения химических элементов по типам месторождений взята система Линдгрена.

Предложенная классификация, оттеняя процессы миграции химических элементов в земной коре, вместе с тем поможет производственникам легче ориентироваться в рудах соответствующего полезного ископаемого, так как все минералы определенного химического элемента собраны в ней воедино.¹

На основании общности морфологических форм, состава и иных свойств в минералогии с давних пор были вы-

¹ Редактор книги не разделяет точек зрения автора на преимущества предлагаемой системы, допуская однако, что можно изложить материал описательной минералогии по элементам Менделеевской таблицы, в специальном справочном издании для химиков и минералогов. Считаюсь с тем, что автор книги руководитель кафедры минералогии и имеет многолетний педагогический опыт, редактор ограничил свою роль лишь проверкой приводимого фактического материала и его пополнением, без какого бы то ни было изменения порядка и принципов изложения. Большую помощь при этом оказали ему проф. Д. С. Белянкин и Е. С. Си-негуб.

делены особые группы или семейства минералов, как на-
пример:

Группа полевых шпатов	— ортоклаз и плагиоклазы
» фельдшпатитов	— лейцит, нефелин и др.
» граната	— гроссуляр, альмандин и др.
» слюд	— мусковит, биотит и др.
» хрупких слюд	— хлориты и хлоритоиды
» цеолитов	— анальцит, натролит и др.
» пироксенов	— энстатит, авгит и др.
» амфиболов	— амфибол, актинолит и др.
» шпинели	— шпинель, пикотит и др.
» купороса	— халькантит, госларит и др.
» квасцов	— алунит и др.

Эти группы сохранили свое значение до настоящего вре-
мени и приняты в настоящем учебнике для более дробного
подразделения.

Геохимическая классификация минералов по А. С. Уклонскому

1. Минералы — кислорода	26. Минералы — золота
2. „ — азота	27. „ — теллура
3. „ — водорода	28. „ — серебра
4. „ — углерода	29. „ — селена
5. „ — фосфора	30. „ — свинца
6. „ — хлора	31. „ — цинка
7. „ — иода и брома	32. „ — кадмия
8. „ — серы	33. „ — меди
9. „ — алюминия	34. „ — кобальта
10. „ — кремния	35. „ — висмута
11. „ — железа	36. „ — молибдена
12. „ — марганца	37. „ — вольфрама
13. „ — никеля ¹	38. „ — олова
14. „ — ванадия	39. „ — бериллия
15. „ — бора	40. „ — циркония
16. „ — натрия	41. „ — лития
17. „ — калия	42. „ — тантала и нио- бия
18. „ — кальция	43. „ — титана
19. „ — магния	44. „ — хрома
20. „ — стронция	45. „ — группы платины
21. „ — бария	46. „ — редких и рассе- янных элементов
22. „ — фтора	47. „ — радиоактивных элементов
23. „ — мышьяка	
24. „ — ртути	
25. „ — сурьмы	

Внутри каждого класса минералы располагаются по хими-
ческому типу соединений, причем силикаты и алюмосиликаты
даются в интерпретации акад. В. И. Вернадского.

¹ Редактор перенес никель в Описательной части к элементам, генети-
чески связанным с основной магмой.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

В настоящем учебнике автором приняты следующие сокращения:

Х. с.	— химический состав
К. с.	— кристаллическая система
О. ф.	— обычная форма
Сп.	— спайность
Изл.	— излом
Цв.	— цвет
Бл.	— блеск
О. с.	— особые свойства
Тв.	— твердость
Уд. в.	— удельный вес
Исп.	— испытание
Опт.	— оптические свойства
Разн.	— разновидности
Ген.	— генезис и парагенезис
Изм.	— изменения
Прим.	— применение
Гл. м.	— главные месторождения
Э. н. м.	— этимологическое объяснение названия минерала
Греч.	— греческий
Лат.	— латинский
2V	— угол оптических осей
<i>N_g</i>	— большой показатель преломления
<i>N_m</i>	— средний показатель преломления
<i>N_p</i>	— малый показатель преломления
<i>N</i>	— показатель преломления
<i>N_e</i>	— показатель преломления для необыкновенного луча
<i>N_o</i>	— показатель преломления для обыкновенного луча
<i>N_g—N_p</i>	} сила двупреломления для двуосных и одноосных минералов
<i>N_e—N_o</i>	
<i>N_o—N_e</i>	

¹ В данном учебнике, как и в целом ряде других учебников и руководств, приняты некоторые условные термины. Так, при описании минералов говорится, что минерал „не плавится“ — это означает, что температура его плавления выше 1500°. Говорится о растворимых и нерастворимых солях; так как все соли в той или иной мере растворяются, то и эти термины являются также условными: под растворимой подразумевается соль, легко и быстро растворяющаяся в воде. С этой точки зрения гипс считается трудно растворимым, а кварц — совершенно нерастворимым.

Подобная терминология принята нами для удобства чтения, чтобы при рассмотрении растворимости минералов не приводить цифровых выражений.

ОПИСАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

МИНЕРАЛЫ КИСЛОРОДА

Кислород O — элемент шестой группы. Атомный вес 16, порядковый номер 8. Изотопы 16, 17, 18. Весовой кларк 49,13.

Радиус атома 0,41 Å, радиус иона 1,32 Å.

Удельный вес по отношению к воздуху при 0° = 1,105; температура плавления 218,4°; температура кипения 183°.

Кислород открыт Шееле в 1772 г. и Пристлеем в 1774 г. Химическая его природа установлена Лавуазье.

Кислород соединяется со всеми элементами, кроме инертных газов; соединения кислорода с драгоценными металлами очень неустойчивы.

Соединения кислорода делят на окиси — нормальные окислы, перекиси — окислы с повышенным содержанием кислорода, и закиси — с пониженным содержанием кислорода.

Озоном называется аллотропическая модификация кислорода — O₃.

Характер кислородных соединений чрезвычайно разнообразен. Он достаточно подробно описан в курсах общей химии, поэтому здесь на нем останавливаться не будем; ниже в сокращенном списке кислородных минералов учащийся увидит все разнообразие минералов кислорода. В минералах кислород изоморфно замещается фтором и гидроксилем.

Технически кислород получают из воды (электролизом) или из жидкого воздуха.

Кислород применяется для автогенной сварки, для кислородного дутья в металлургических процессах, для авиационных и водолазных целей, в технологии взрывчатых веществ и в медицине.

Кислород участвует в реакциях всех термодинамических зон земной коры и входит как в магматические и метаморфические, так и в осадочные минералы. В атмосфере кислород находится в свободном виде, причем по весу количество его здесь равно 23,2%, по объему 21%. В воде его количество по весу равно 85,8%.

Свободный кислород проникает в литосферу на некоторую глубину; зона, характеризующаяся его присутствием, назы-

вается окислительной. Здесь происходит окисление и вытеснение аналога кислорода — серы из ее соединений. Однако реакции окисления идут в этой зоне не повсеместно: имеются области восстановительной среды, состоящей из разного типа углеводородов (месторождения угля и нефти) и из пород, пропитанных сероводородом. Эти области находятся в подвижном состоянии; они нарождаются и исчезают.

С другой стороны, в глубинных зонах земной коры, вообще лишенных свободного кислорода, возникают области, где он образуется при радиоактивном распаде. Окислы урана и тория существуют до тех пор, пока существуют сами уран и торий; при радиоактивном их распаде освобождается кислород, в то время как уран и торий переходят в другие соединения. Освободившийся кислород производит окисление на больших глубинах.

Главная масса земной коры состоит из кислородных минералов. Ниже — для характеристики типа соединений кислорода — приводится сокращенный список этих минералов.

Самородные элементы

Свободный кислород	O_2
Озон	O_3

Оксисульфиды

Кермезит	$2Sb_2S_3 \cdot Sb_2O_3$
Вольфцит	$4ZnS \cdot ZnO$

Оксихлориды

Атакамит	$CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$
Терлингвайт	Hg_2ClO

Водные хлориды

Карналлит	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Бишофит	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Водные флюориды

Флюеллит	$AlF_3 \cdot H_2O$
Пахнолит	$NaF \cdot CaF_2 \cdot AlF_3 \cdot H_2O$

Окислы

Вода	H_2O
Цинкит	ZnO
Периклаз	MgO
Корунд	Al_2O_3
Кварц	SiO_2

Алюминаты

Шпинель	$MgO \cdot Al_2O_3$
Ганит	$ZnO \cdot Al_2O_3$

Ферриаты и хромиаты

Магнетит	$FeO \cdot Fe_2O_3$
Хромит	$FeO \cdot Cr_2O_3$

Водные окислы

Диаспор	$Al_2O_3 \cdot H_2O$
Гидраргиллит	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$
Гётит	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$
Манганит	$Mn_2O_3 \cdot H_2O$

Ортосиликаты

Форстерит	Mg_2SiO_4
Оливин	$(Mg, Fe)_2SiO_4$

Продукты присоединения к ортосиликатам

Серпентин	$Mg_3SiO_4 \cdot MgSiO_3 \cdot 2H_2O$
Хондродит	$2Mg_2SiO_4 \cdot Mg(F, OH)_2$

Метасиликаты

Эвстатит	$(Mg, Fe) SiO_3$
Воластонит	$CaSiO_3$

Кислые метасиликаты

Тальк	$3MgSiO_3 \cdot H_2SiO_3$
-----------------	---------------------------

Продукт присоединения к метасиликатам

Апофиллит	$8CaH_2Si_2O_6 \cdot K_2O \cdot 8H_2O$
---------------------	--

Комплексные ангидриды

Дистен	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$
Циркон	$ZrO_2 \cdot SiO_2$

Алюмокремневые кислоты

Каолин	$H_3Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$
Пирофиллит	$H_2Al_2Si_4O_{12}$

Алюмосиликаты

Анортит	$CaAl_2Si_2O_8$
Лейцит	$K_2Al_2Si_4O_{12}$
Ортоклаз	$K_2Al_2Si_6O_{16}$

Продукты присоединения к алюмосиликатам

Эпидот	$3Ca(Al, Fe)_2Si_2O_7 \cdot Ca(OH)_2$
Берилл	$2BeAl_2Si_4O_{12} \cdot 3BeSiO_3$
Брюстерит	$(Sr, Ba, Ca) Al_2Si_6O_{16} \cdot 5H_2O$

Карбонаты

Кальцит	$CaCO_3$
Малахит	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$
Сода	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Титанаты

Титанит	$CaSiTiO_5$
Перовскит	$CaTiO_3$

Ниобаты и танталаты

Танталит }	$(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$
Колумбит }	

Фосфаты

Апатит	$(CaF) Ca_4(PO_4)_3$
Вивианит	$Fe_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$

Арсенаты

Эритрин	$\text{Co}_3 (\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Скородит	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Ванадаты

Ванадинит	$3\text{Pb}_3\text{V}_2\text{O}_8 \cdot \text{PbCl}_2$
Фольбортит	$(\text{Cu}, \text{Ca}, \text{Ba})_3 (\text{OH})_3 \text{VO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Антимонаты

Ромеит	$5\text{CaO} \cdot 3\text{Sb}_2\text{O}_5$
Гидроромеит	$3\text{CaO} \cdot 2\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Нитраты

Натровая селитра	NaNO_3
Калиевая селитра	KNO_3

Бораты

Борацит	$5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3$
Бура	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Уранаты

Уранинит	$n (\text{UO}_2) \cdot m (\text{UO}_3)$
Кюрит	$2 (\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$

Сульфаты

Барит	BaSO_4
Мирабилит	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Хроматы

Крокоит	PbCrO_4
-------------------	------------------

Вольфраматы

Шеелит	CaWO_4
Вольфрамит	$(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{WO}_4$

Молибдаты

Вульфенит	PbMoO_4
Повеллит	$\text{Ca} (\text{Mo}, \text{W}) \text{O}_4$

Теллулаты

Монтанит	$\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
--------------------	--

Органические соединения

Янтарь	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$
Меллит	$\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Приводим сокращенный список простых окислов по процентному содержанию в них кислорода:

	Простые окислы	% кислорода
Вода	H_2O	88,9
Кварц	SiO_2	58,3
Корунд	Al_2O_3	47,1
Рутил	TiO_2	40,0
Пирролюзит	MnO_2	36,78
Молибдит	MoO_3	33,3
Гематит	Fe_2O_3	30,0
Арсенолит	As_2O_3	24,2
Касситерит	SnO_2	21,4
Тенорит	CuO	20,2
Куприт	Cu_2O	11,2
Сурик	Pb_2O_4	9,3

Из этих простых окислов кислород добывается электролизом только из воды — попутно, при разложении последней для получения водорода.

Большинство из приведенных выше минералов будут рассмотрены при описании соответствующих элементов.

МИНЕРАЛЫ АЗОТА

Азот (N) — элемент пятой группы.

Атомный вес 14,008, порядковый номер 7. Изотопы 14 и 15.

Радиус атома 0,71 Å, радиус иона 0,1—0,2 Å. Кларк 0,05.

Температура плавления твердого азота 210°.

Температура кипения жидкого азота 195,8°.

Соединения азота были известны еще в древнее время, но самый азот открыт Шееле только в 1777 г., причем он назвал его „испорченным воздухом“; несколько лет спустя Лавуазье дал ему название азотикаса, а Шапталъ обозначил его, как нитрогениум. Начальная буква последнего названия (N) и была принята как химический знак для азота.

Известны следующие соединения азота с кислородом: закись азота N_2O , окись NO , трехокись N_2O_3 , двуокись NO_2 , пятиокись N_2O_5 .

Пятиокись азота является ангидридом азотной кислоты. Ее соли или нитраты (селитры) представляют главные минералы азота, образующиеся в коре выветривания; в магме азотная кислота носит уже иной характер и солей там не дает.

Из водородистых соединений азота для нас представляет интерес аммиак (NH_3); его соли — нашатырь (NH_4Cl) и аммиачная селитра [$(NH_4)NO_3$] — встречаются в природе.

Природные реакции галоидных соединений азота NF_3 , NCl_3 , NI_3 ближе не изучены.

Нитриты или соединения азота с металлами иногда выделяются при вулканических извержениях (Fe_5N_3 на Этне).

По акад. В. И. Вернадскому, азот не входит в число изоморфных элементов.

К наиболее известным минералам азота относятся:

самородные элементы — азот (N)	
нашатырь	$(NH_4)Cl$
масканьит	$(NH_4)_2SO_4$
чермигит	$(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$
натровая селитра	$NaNO_3$
нитрокальцит	$Ca(NO_3)_2$
нитроглауберит	$6NaNO_3 \cdot 2Na_2SO_4 \cdot 3H_2O$
обыкновенная селитра .	KNO_3

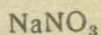
Все эти минералы образуются в коре выветривания, как вторичные продукты, и в большинстве случаев в связи с жизнедеятельностью нитробактерий. Кроме этого, азот выделя-

ется в газовых струях минеральных источников. Главная масса азота находится в воздухе в свободном состоянии; соединения азота растворены в воде, в нефтях и каменном угле.

Практически азот получается главным образом из воздуха, также при перегонке каменных углей и, наконец, из минералов азота — селитры и нашатыря. Соединения азота играют видную роль среди удобрителей и в химической промышленности.

Из минералов азота мы рассмотрим только натровую, калиевую селитры и нашатырь.

1. Натровая или чилийская селитра



- Х. с. — азотнокислый натрий; N_2O_5 — 63,5%; Na_2O — 36,5%. Часто с механической примесью NaCl , Na_2SO_4 и др.
- К. с. — гексагональная — тригональная.
- О. ф. — кристаллы, очень похожие на формы кальцита. Часто в виде корок, натеков, выцветов и порошкообразных скоплений.
- Цв. — белый, сероватый, красноватый, лимонно-желтый.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 1,5—2.
- Уд. в. — 2,27.
- Исп. — плавится со вспышкой на угле (более слабой, чем калиевая селитра), растворима в воде; вкус соленый, охлаждающий. Оптически одноосна, отрицательна. $N_o = 1,585$; $N_e = 1,337$; $N_o - N_e = 0,248$. Двупреломление, подобно кальциту, очень сильное.
- Ген. — части химически-осадочный, но главным образом биогенный — переработка микроорганизмами органических остатков. Накапливается с галитом и другими солями в районах с аридным климатом, часто на побережьях моря, где скапливаются большие количества водорослей, птичьих отбросов и др.
- Гл. м. — Чилийское побережье, пустыня Тарапака (Ю. Америка).

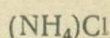
2. Калиевая селитра



- Х. с. — азотнокислый калий; N_2O_5 — 53,5%; K_2O — 46,5%.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — вытянутые, игольчатые кристаллы, лучистые и порошкообразные скопления и налеты.
- Цв. — белый, желтовато-серый. Блеск стеклянный, шелковистый.
- Тв. — 2.
- Уд. в. — 1,9—2,1.
- Исп. — дает сильную вспышку на угле. Растворима в воде, охлаждающе-соленый вкус.
— $2V = 7^\circ$; $Nm = 1,505$; $Ng - Np = 0,171$.

- Ген. — биогенного происхождения, главным образом среди старых городищ и на выходах известняков, мергелей или глин, пропитанных органическим веществом.
- Гл. м. — старые городища южного Казахстана и Туркмении. В лёссе у селения Кува в южной Фергане (Узбекистан). За границей следует отметить месторождения селитры в старых городищах Пенджаба, в Индии.

3. Нашатырь



- Х. с. — хлористый аммоний; NH_4 — 66,3%; Cl — 33,7%.
- К. с. — кубическая
- О. ф. — октаэдры; обычно встречается в виде выцветов и корок.
- Цв. — белый, серовато-белый.
- Бл. — стеклянный.
- О. с. — прилипает к языку, солоновато-острого вкуса.
- Тв. — 1,5—2.
- Уд. в. — 1,5.
- Исп. — возгоняется без плавления, растворим в воде. Изотропный, $N = 1,491$.
- Ген. — выделяется при фумарольной деятельности в районах действующих вулканов, осаждается в трещинах при каменноугольных пожарах, встречается в выбросах грязевых вулканов и среди налетов солей близ жерла грязевых вулканов; образуется также как продукт биогенных процессов.
- Прим. — при паянии и лужении, в медицине, химической промышленности и электротехнике.
- Гл. м. — кратеры Камчатки, Локбатан — грязевой вулкан, пустыни Туркмении.

МИНЕРАЛЫ ВОДОРОДА

Водород (H) — одновалентный элемент первой группы. Атомный вес 1,0078, порядковый номер 1, изотопы 1,2.

Радиус атома неизвестен, радиус отрицательного иона 1,54 Å, радиус положительного иона очень мал, равен радиусу протона. Кларк 1,0.

Удельный вес: в 14,5 раз легче воздуха. Температура кипения — 252,7°, удельный вес при температуре кипения 0,07081 (по отношению к воздуху).

Водород открыт Парацельсом в XVI в.; получен из воды А. Лавуазье (1783).

При обыкновенной температуре водород жадно соединяется с фтором, менее энергично — с хлором. При высокой температуре водород обнаруживает большое сродство к кислороду, являясь сильным восстановителем. С кислородом водород дает H_2O — воду и H_2O_2 — перекись водорода; с

углеродом дает очень большое количество органических соединений, которые изучаются в органической химии.

Водород относится к шестому ряду изоморфных элементов (K, Na, Cs, Rb, Tl, Li, H).

В технике водород применяется для наполнения аэростатов, для гидрирования органических соединений, для получения синтетического аммиака, в качестве восстановителя и для других целей.

В химии земной коры водород, наряду с кислородом, кремнием и алюминием, играет исключительную роль. Он концентрируется в главной своей массе в коре выветривания, образуя в ней свободную воду и гидратные минералы. Однако и в процессах магматического цикла геохимическая роль водорода — в виде ионов диссоциированной воды (H, OH) — очень велика. Среди других крайне летучих компонентов минерализаторов эти части диссоциированной воды оказывают многообразное действие на идущие здесь реакции, входя вместе с тем в состав целого ряда важных породообразующих минералов — роговых обманок и слюд.

Ниже приводится сокращенный список минералов водорода:

Элементарный водород.	—	H
Сернистые соединения	{ гидротроил	FeS·H ₂ O
	{ мельниковит	FeS ₂ ·H ₂ O
Водные галоиды	{ карналлит	KClMgCl ₂ ·6H ₂ O
	{ бишофит	MgCl ₂ ·6H ₂ O
Окислы	{ вода и лед	H ₂ O
	{ опал	SiO ₂ ·nH ₂ O
	{ диаспор	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O
	{ гётит	Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
	{ манганит	Mn ₂ O ₃ ·H ₂ O
	{ брусит	Mg(OH) ₂
	{ гидраргиллит	Al(OH) ₃
Продукты присоединения к ортосиликатам	{ серпентин	Mg ₃ Si ₂ O ₇ ·MgSiO ₃ ·2H ₂ O
	{ хондродит	2Mg ₂ SiO ₄ ·Mg(F, OH) ₂
Кислый метасиликат	талък	3MgSiO ₃ ·H ₂ SiO ₃
Продукты присоединения к силикатам	апофиллит	8CaH ₂ Si ₂ O ₈ ·K ₂ O·8H ₂ O
Алюмокремневые кислоты	{ каолин	H ₂ Al ₂ Si ₂ O ₈ ·H ₂ O
	{ пиррофиллит	H ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂
Продукты присоединения к алюмосиликатам	{ эпидот	3Ca(Al, Fe) ₂ Si ₂ O ₈ ·Ca(OH) ₂
	{ кордиерит	4(Mg, Fe)Al ₂ Si ₂ O ₈ ·H ₂ SiO ₃ ·SiO ₂
	{ мусковит	(K, H) ₂ Al ₂ Si ₂ O ₈
	{ анальцим	Na ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂ ·2H ₂ O
	{ нагролит	Na ₂ Al ₂ Si ₂ O ₈ ·SiO ₂ ·2H ₂ O
	{ маргарит	H ₂ CaAl ₄ Si ₂ O ₁₂
	{ хлоритоид	H ₂ (Fe, Mg)Al ₂ SiO ₇
Карбонаты	{ малахит	CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂
	{ сода	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O
Ниобаты	бетафит	(U, Ca)(Nb, Ta) ₃ (V, OH) ₉

Фосфаты	{	вивианит	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
		вавелит	$4AlPO_4 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot 9H_2O$
Арсенаты	{	эритрин	$CO_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$
		скородит	$FeAsO_4 \cdot 2H_2O$
Ванадаты	{	деклаузит	$(Pb, Zn, Cu)_2(OH)VO_4$
		фольборгит	$(Cu, Ca, Ba)_3(OH)_3VO_4 \cdot 6H_2O$
Антимонаты		гидроромеит	$3CaO \cdot 2Sb_2O_5 \cdot 6H_2O$
Нитраты	{	нитрокальцит	$Ca(NO_3)_2 \cdot nH_2O$
		нитромагнетит	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$
Бораты	{	бура	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
		гидроборацит	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$
Уранаты		кюрит	$2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$
Сульфаты	{	мирабилит	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
		гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Вольфраматы и молибдаты	{	ферромolibлит	$Fe_2O_3 \cdot 3MoO_3 \cdot 8H_2O$
		ферритунгстит	$Fe_2O_3 \cdot WO_3 \cdot 6H_2O$
Органические соединения	{	меллит	$Al_2C_{12}O_{12} \cdot 18H_2O$
		янтарь	$C_{10}H_{16}O$
		озокерит	C_nH_{2n}

Для характеристики процентного содержания воды в минералах приводим следующий список:

Мирабилит	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	55,99
Сода	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	54,5
Эпсомит	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	51,22
Бура	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	47,15
Сассолин	$B(OH)_3$	43,5
Гидраргиллит	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	34,57
Брусит	$Mg(OH)_2$	31,04
Вивианит	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	28,68
Шабазит	$(Ca, Na, K)_2Al_2Si_4O_{12} \cdot 6H_2O$	21,3
Опал	$SiO_2 \cdot nH_2O$	до 21,0
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	20,99
Апофиллит	$4CaSiO_3 \cdot H_2SiO_3 \cdot nH_2O$	16,10
Скородит	$Fe_2(AsO_4)_2 \cdot 4H_2O$	15,58
Диаспор	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	14,93
Лимонит	$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$	14,4
Каолинит	$H_3Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$	13,92
Сerpентин	$H_4Mg_3Si_2O_9$	13,04
Алунит	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$	13,01
Клинохлор	$H_8Mg_8Al_2Si_8O_{18}$	12,9
Гётит	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	10,3
Натролит	$Na_2Al_2Si_2O_8 \cdot SiO_3 \cdot 2H_2O$	9,46
Малахит	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	8,16
Пирофиллит	$H_2Al_2Si_4O_{13}$	5,0
Тальк	$H_2Mg_4(SiO_3)_6 \cdot H_2O$	4,76
Маргарит	$H_2CaAl_4Si_2O_{13}$	4,82
Флогопит	$H_4K_2Mg_6Al_2Si_6O_{24}$	4,02
Мусковит	$H_4K_2(Al, Fe)_6Si_6O_{24}$	2,5

Так как большинство гидратных минералов рассматриваются по их господствующему химическому соединению (твердому остатку), то здесь из минералов водорода мы рассмотрим только воду.

Х. с. — О — 88,9%; Н — 11,1%.

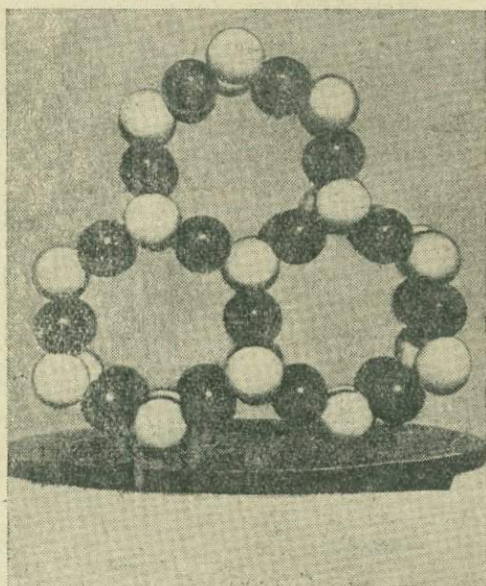
Смесь изотопов Н¹ и Н² или D (дейтерия); количество дейтерия в обычной воде ничтожно.

Свободная вода, не связанная в минералах, содержит в себе растворенные соли.

Уд. в. — 1,0 при 4° и 760 мм давления; лед — 0,9176 при 0°.

Температура кипения

- 100° при 760 мм давления = 1 ат.
- 100° при 1075,4 мм давления = 1,4 ат.
- 150° при 3581,2 мм давления = 4,712 ат.
- 190° при 9442,7 мм давления = 12,425 ат.



Фиг. 43. Структура льда.

Критическая температура 374°.

Температура замерзания 0°.

Показатель преломления 1,333.

- Ген. — Минерал составляет гидросферу, пропитывает в свободном состоянии верхнюю часть земной коры, в виде паров находится в атмосфере, выделяется во время вулканических извержений, является одной из главных составных частей животных и растений, входит в состав минералов всех термодинамических зон. Является главным агентом химических реакций земной коры.

- К. с. — гексагональная (фиг. 43).
 О. ф. — сплошной, зернистый, скелетные формы кристаллизации, табличатые и призматические кристаллы.
 Цв. — бесцветный, в сплошных массах голубовато-зеленый.
 Тв. — 1,5.
 Уд. в. — 0,918.
 Исп. — плавится при 0° и 760 мм давления. Одноосный, положительный; $N_o = 1,309$; $N_e = 1,313$; $N_e - N_o = 0,004$.
 Ген. — образуется при понижении температуры ниже 0°; продолжительность жизни минерала разная — от долей секунды до очень продолжительной (в районе вечного оледенения).

МИНЕРАЛЫ УГЛЕРОДА

Углерод (С) — четырехвалентный элемент четвертой группы. Атомный вес 12,00, порядковый номер 6, изотопы 12,13. Радиус атома 0,77 Å. Радиус иона 0,20 Å. Кларк 0,35. Углерод вещество полиморфное

Уд. в.
 Модификация углерода: алмаз 3,51—3,52 — кубический
 графит 2,22—2,32 — гексагональный
 уголь 1,4—2,0 — аморфный.

При нагревании в отсутствие кислорода полиморфные различия переходят в графит, который (в отсутствие кислорода) плавится при 3845°.

Углерод дает чрезвычайно большое количество химических соединений с водородом, которые изучаются в органической химии. Ниже приводится сокращенный список простейших соединений углерода.

Углеводороды:

насыщенные	{ метан	CH ₄
	{ этан	C ₂ H ₆
ненасыщенные	{ этилен	C ₂ H ₄
	{ ацетилен	C ₂ H ₂

Галоидные соединения углерода:
 четырехфтористый CF₄
 четыреххлористый CCl₄
 четырехбромистый CBr₄
 четырехиодистый CI₄
 фосген COCl₂

Цианистые и роданистые;
 циан (CN)₂, цианистородородная кислота (HCN)

родан (SCN)₂, роданистоводородная кислота (HSCN)
 Кислотные соединения:
 двуокись CO₂ (угольный ангидрид)
 окись CO
 Кислоты:
 угольная H₂CO₃
 щавелевая H₂C₂O₄
 Сульфиды:
 сероуглерод CS₂
 Карбиды:
 карбид кальция CaC₂
 карборунд SiC

По акад. В. И. Вернадскому, углерод не входит в изоморфные ряды элементов.

Общеизвестно огромное промышленное значение минералов углерода.

При прокаливании органические соединения сгорают; при нагревании в закрытой трубке они выделяют летучие погонны и издают характерный запах. От действия соляной кислоты углекислые соли вскипают.

Соединения углерода находятся во всех термодинамических зонах от нижних частей магмосферы до атмосферы.

Особенно большое значение играет углерод в формировании живого вещества, в результате чего он накапливается в коре выветривания как биогенный минерал.

Ниже приводится неполный список минералов углерода:

Алмаз С	Гидроталькит
Графит С	$MgCO_3 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot 4H_2O$
Шунгит С	Бисмутит $Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$
Углекислота CO_2	Базобисмутит $2Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$
Кальцит } $CaCO_3$	Гидробисмутит $Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot 3H_2O$
Арагонит }	Ураноталлит $Ca_2UC_4O_{12} \cdot 10H_2O$
Доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$	Фоглит $CaCu_2U_2(CO_3)_7 \cdot 14H_2O$
Анкерит $CaCO_3 \cdot (Fe, Mg) CO_3$	Лантанит $(La, Di, Ce)_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$
Магнезит $MgCO_3$	Бастнезит $(Ce, La, Di) FCO_3$
Сидерит $FeCO_3$	Паризит $Ca(Ce, La, Di)_2F_2(CO_3)_3$
Родохрозит $MnCO_3$	Фосгенит $Pb_2Cl_2CO_3$
Смитсонит $ZnCO_3$	Нортупит $Na_2CO_3 \cdot MgCO_3 \cdot NaCl$
Сферокобальтин $CoCO_3$	Ледгиллит
Бромлит $(Ca, Ba, Sr) CO_3$	$PbSO_4 \cdot 2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$
Витерит $BaCO_3$	Каледонит $3PbSO_4 \cdot 2Pb(OH)_2 \cdot$
Стронцианит $SrCO_3$	$CuCO_3 \cdot Cu_2(OH)_2 \cdot 3H_2O$
Церуссит $PbCO_3$	Уэвиллит $CaC_2O_4 \cdot H_2O$
Баритокальцит $BaCO_3 \cdot CaCO_3$	Меллит $Al_2C_{12}O_{12} \cdot 18H_2O$
Малахит $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	Янтарь $C_{10}H_{16}O$
Азурит $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	Волховит $C_{12}H_{18}O$
Аурихальцит	Озокерит $C_n H_{2n+2}$
$2(Zn, Cu)CO_3 \cdot 3(Zn, Cu)(OH)_2$	Элатерит $C_n H_{2n+2}$
Гидроцинкит $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$	Нефть $C_n H_m$
Гидроцеруссит $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$	Асфальт $C_n H_{m \cdot p} (O, S)$
Алюмогидрокальцит	Антрацит С — 93,50%
$Ca(HCO_3)_2 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot H_2O$	Каменный уголь С около 80%
Нахколит $NaHCO_3$	Бурый уголь С около 70%
Термонарит $Na_2CO_3 \cdot H_2O$	Тухолит $nC \cdot mUO_3 \cdot pTh \cdot qTR$
Трона $HNa_3C_2O_8 \cdot 2H_2O$	Карбуран $nC \cdot mUO_3$
Сола $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	Карбоцер $nC \cdot mTh \cdot pTR$
Гейлюссит $CaCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 5H_2O$	
Гидромагнезит	
$3MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$	

Вышеперечисленные минералы по генетическому признаку разделяются следующим образом.

В связи с изверженными породами, пегматитами и пневматолитами образуются: алмаз, графит, шунгит, тухолит, карбуран, карбоцер, ураноталлит, фоглит, лананит, бастнезит, паризит, углекислота.

В гидротермальных жилах, преимущественно в верхних частях, образуются следующие минералы: углекислота, кальцит, арагонит, доломит, анкерит, сидерит, родохрозит, витерит, бромлит, стронцианит, баритокальцит.

На контактах и в метаморфических сланцах образуются: графит, углекислота, кальцит, доломит, анкерит, магнезит, сидерит и родохрозит.

При поверхностном изменении рудных месторождений и минералов глинистого происхождения образуются следующие минералы: углекислота, магнезит, сидерит, родохрозит, смитсонит, сферокобальтин, церуссит, малахит, азурит, аурихальцит, гидроцеруссит, гидромагнезит, гидроталькит, бисмутит, базобисмутит, гидробисмутит, ледгиллит и каледонит.

В нормальных осадочных породах образуются: углекислота, кальцит, арагонит, доломит, анкерит, сидерит, алюмогидрокарбонат, нахколит, термонарит, трона, сода, сейлюссит, уэвиллит, меллит, янтарь, волковит, озокерит, элатерит, нефть, асфальт, антрацит, каменный уголь и бурый уголь.

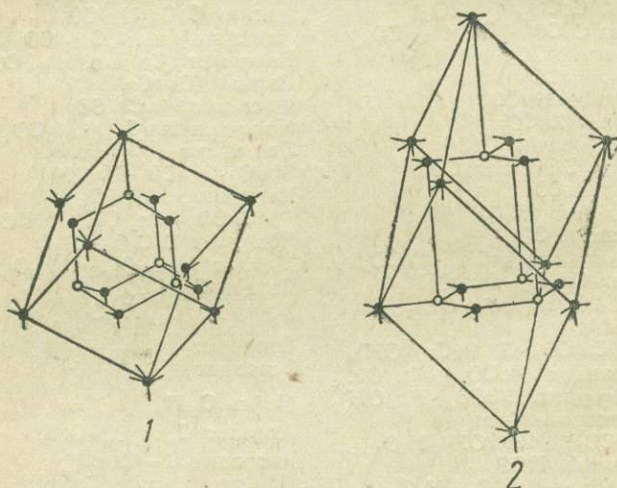
Из всего этого большого списка рассмотрим алмаз, графит, углекислоту, шунгит и янтарь. Большинство карбонатов рассматриваются по другим разделам; ископаемые угли, нефти и прочие углеводороды рассматриваются в особой науке — в учении о каустобиолитах.

6. Алмаз

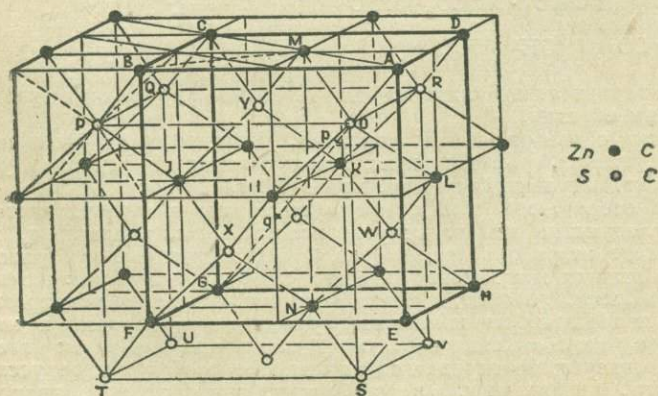
С

Х. с. — чистый углерод.

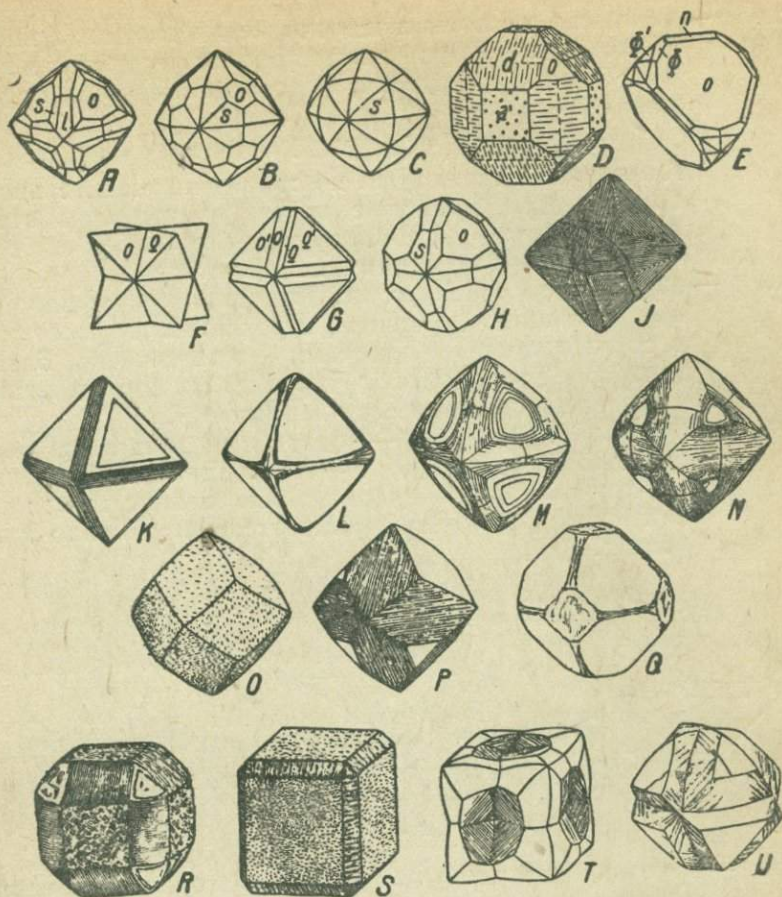
К. с. — кубическая (фиг. 44 и 45).



Фиг. 44. Структура алмаза (1) и графита (2).



Фиг. 45. Структура цинковой обманки и алмаза.



Фиг. 46. Кристаллические формы алмаза¹.

A—J—идеальные геометрические формы, K—U рисунки с природы. a—(100), d (110), o (111), t (430), n (211), s (321), Φ (651). K, L, M—Южная Африка; N—ю.-в. Африка; O, Q—Бахия; P—Кимберлей; R, S, U—Бразилия.

- О. ф. — тетраэдры, октаэдры с закругленными гранями, зерна, желваки; обычно двойники по (111) (фиг. 46).
 Сп. — совершенная по тетраэдру.
 Цв. — бесцветный, белый, желтоватый, красный, синий, голубой, черный, темнозеленый.
 Бл. — алмазный.
 Тв. — 10.
 Уд. в. — 3,52.

¹ Таблицы кристаллических форм ряда минералов заимствованы из книги P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie, II—Spezielle Mineralogie, Zweite Auflage, Berlin, 1926.

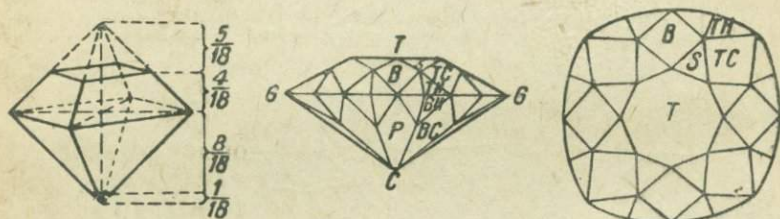
Исп. — неплавок, кислоты и щелочи не действуют; при накаливании (без доступа кислорода) переходит в графит; высшая твердость; высокий показатель преломления:

$$N = 2,4195 \text{ (Na)}$$

Алмаз в шлихе узнается по своему исключительному блеску. При промывке шлиха на жировом столе алмаз пристаёт к последнему, в отличие от большинства остальных компонентов шлиха.

Ген. — образуется в основных изверженных горных породах под большим давлением, в воронках взрывов и — в связи с кислыми породами — в пегматитах. Благодаря своей твердости и устойчивости против кислот и щелочей накапливается в россыпях.

Разн. — обыкновенный алмаз — прозрачный в той или иной степени; борц или борт — шаровидные, радиальные массы; карбонадо — черный без спайности; последний в технике бурения называется неправильно „карбонат“.



Фиг. 47. Огранка алмаза.

Прим. — прозрачные разности являются драгоценным камнем первого класса; непрозрачные и темные разности употребляются как абразив, волоочильный камень и для точных приборов; карбонадо и борт применяются для колонкового бурения (зачеканиваются в коронки). Драгоценные алмазы расцениваются на караты: один карат равен двум десятым грамма. Алмаз гранят бриллиантом или розой (фиг. 47).

Алмазы выше 10 карат считаются редкими. С давних пор вошло в обычай давать особо крупным драгоценным камням собственные имена. Самый большой алмаз, найденный в Южной Африке, был назван Звезда Африки (Премьер или Куллинан); он весил 3106 карат или 621,2 г. Из старых алмазов следует отметить: Орлов — 195 карат в скипетре русских императоров, Ко-и-нур („гора света“) — 106 карат, Юбилей — 245,3 карата, Регент — 137 карат, Тиффани — 128,5 карата (желтый), Звезда Юга — 124,5 карата, Гоппе — 44,5 карата (синий), Дрезден — 40 карат (зеленый).

- Гл. м. — в СССР находки алмазов издавна отмечались в Бисерском районе Свердловской области, в золотосодержащем и платиновом аллювии Крестовоздвиженского и Адольфова прииска, близ Кушвинского завода и др., также на Южном Урале (Санарка, Каменка). Недавно были открыты новые алмазоносные площади в районе Теплой Горы и поселка Кусьво-Александровского. Алмазы обнаружены также в Восточном Саяне, по р. Иркуту, и в Енисейской тайге; по р. Паз, на границе с Норвегией. Возможны новые находки промышленных месторождений алмаза в связи с основными породами. За границей крупные промышленные скопления алмазов в „трубках взрывов“, в кимберлите (особый вид основной породы), в Южной Африке: также в россыпях по рр. Вааль, Оранжевой и др. В Бразилии, Индии и на о. Борнео алмаз встречается в россыпях.
- Э. н. м. — ввиду большой твердости назван „адамас“ (греч.) — непреодолимый.

7. Графит

С

Полиморфная разность самородного углерода.

- Х. с. — содержание углерода в промышленных рудах графита колеблется от 10 до 90%.
- К. с. — гексагональная (см. фиг. 44).
- О. ф.: — чешуйки, напоминающие молибденовый блеск, чешуйчатые массы, длинные пластинчатые гибкие кристаллы, плотные и зернистые скопления, плотные аморфные и сажистые массы.
- Сп. — совершенная по базису.
- Цв. — от стально-серого до железо-черного.
- Бл. — металлический. Сажистые разности тусклы.
- Тв. — 0,5—1.
- Уд. в. — 1,9—2,42.
- Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; кислоты не действуют; с селитрой дает вспышку; при нагревании графита с дымящейся азотной кислотой и бертолетовой солью получается зеленоватый раствор графитовой кислоты ($C_{11}H_4O_5$). Чешуйчатые сорта графита при нагревании их с HNO_3 на платиновой пластинке вспучиваются.
- Ген. — крупнейшие скопления „аморфного“ графита — в результате контактного (или регионального) преобразования каменных углей под влиянием магматической интрузии. Скопления „чешуйчатого“ графита в кристаллических сланцах, в результате термодинамической переработки органических остатков. Непосредственное выделение из магмы (кристаллические массы) или ее газовых возгонов (крупнокристаллические выделения жильного типа).

Прим. — огнеупорные тигли, электроды, краски, смазка, карандаши и пр.

Г. м. — Ботокольское (Алиберовское) магматическое месторождение — в Восточном Саяне (Сибирь) — штоки мелкокристаллического графита среди нефелиновых сиенитов; Курейское метаморфическое месторождение „аморфного“ графита, по берегам р. Курейки (приток Енисея, Красноярский край), среди каменных углей, интродуцированных диабазом; ряд крупных месторождений „чешуйчатого“ графита среди кристаллических сланцев УССР (Старый Крым, Завалы и др.).



Фиг. 48. Сферолиты графита в полевом шпате. Ильменские горы. Урал. Мин. музей МГРИ.

За границей — Цейлон (крупнокристаллический графит в жилах среди гнейсов); Мадагаскар (крупночешуйчатый графит в кристаллических сланцах); Корея (аморфный графит).

Э. н. м. — от греч. графейн — пишу.

8. Шунгит

С

Х. с. — углерод (графитит) с примесью углеводородов, кремнезема, окислов железа и алюминия.

К. с. — аморфный, коллоидальный.

О. ф. — скорлуповатые, смолистые образования.

Цв. — густо-черный.

- Бл. — полуметаллический, смолистый и алмазовидный.
 Тв. — 3—4.
 Уд. в. — 1,8—1,9.
 Исп. — в отличие от графитов с сильными кислотами не дает графитовой кислоты.
 Ген. — метаморфизация каменных углей и битуминозных отложений.
 Г. м. — Шунга, Карельская АССР — жилообразные выделения среди доломитов; заполнения пустот в излившихся породах (с халцедоном и кварцем).
 Э. н. м. — по местности.

9. Углекислота (углекислый газ)

CO₂

- Х. с. — двуокись углерода (угольный ангидрид); С — 27,3%;
 О — 72,7%.
 К. с. — при нормальном давлении бесцветный газ, при —78,5° твердая углекислота — „сухой лед“.
 Уд. в. — по отношению к воздуху 1,524, литр CO₂ весит 1,976 г (0°, 760 мм).
 Исп. — в атмосфере углекислоты не происходит обычного горения, только металлический калий и магний горят в CO₂, отнимая у нее кислород и выделяя углерод в виде сажи.
 Ген. — углекислый газ выделяется при вулканических извержениях, из термальных источников, при метаморфических процессах; выделяется из нефтяных вод; образуется во время каменноугольных пожаров; при гниении и окислении органических веществ. Огромное значение имеет двуокись углерода в развитии живого вещества, так животные выдыхают, а растения поглощают ее. Громадное количество углекислого газа выделяется при культурной деятельности человека, главным образом при сжигании каменного угля, нефти, дров и торфа, также при обжиге известняков, доломитов и др. Океан является регулятором содержания углекислоты в атмосфере: при увеличении углекислоты в атмосфере он ее поглощает, при уменьшении — отдает в атмосферу.
 Прим. — в холодильном деле — „сухой лед“; для изготовления газированных вод (жидкая углекислота) и для углекислых ванн.
 Гл. м. — многочисленные минеральные источники и углекислые мofетты — газовые струи Северного Кавказа, среди которых следует отметить Кисловодский нарзан; также Закавказье.

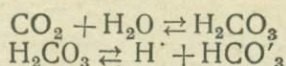
В связи с рассмотрением углекислоты как минерала следует несколько остановиться на ее солях — карбонатах.

Вода растворяет значительное количество углекислого газа;

так, в 100 частях воды при нормальном давлении растворяется следующее количество частей углекислоты по объему:

при температуре	0°	10°	20°	60°
	171	119	88	36

Углекислота дает с водой слабокислую реакцию по следующей схеме:



Угольная кислота образует карбонаты MeCO_3 и бикарбонаты MeHCO_3

При рассмотрении безводных карбонатов различают два ряда — ромбоэдрические (гексагональные) и ромбические карбонаты:

Ромбоэдрические карбонаты
(группа кальцита)

Кальцит CaCO_3
Магнезит MgCO_3
Доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Сидерит FeCO_3
Родохрозит MnCO_3

Олигонит (олигоновый шпат)

$\text{FeCO}_3 \cdot \text{MnCO}_3$
Анкерит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$
Брейнерит $\text{MgCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$
Бурый шпат $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{CO}_3$
Смитсонит ZnCO_3

Ромбические карбонаты
(группа арагонита)

Арагонит CaCO_3
Вигерит BaCO_3
Альстонит $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{CO}_3$
Стронцианит SrCO_3
Кальциостронцианит
 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{CO}_3$

Церуссит PbCO_3
Тарновитцит $(\text{Ca}, \text{Pb})\text{CO}_3$

Первый ряд характеризуется присутствием ромбоэдра, второй — ромбической призмы.

Карбонаты кальция — кальцит и арагонит — рассматриваются с кальциевыми минералами, карбонаты магния с магниевыми, бария с бариевыми, железа с железными, марганца с марганцевыми.

Кроме безводных, имеются еще водные карбонаты, список этих минералов дан выше. Главные водные карбонаты рассматриваются сообразно с металлом твердого остатка; так малахит и азурит — с медью, сода — с натрием и т. п.

10. Янтарь

$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$

Сукцинит

Х. с. — природная янтарная кислота; С — 66,91 — 78,63%;
Н — 9,16 — 10,48; О — 10,47 — 23,67%; S — 0,26 — 0,42%;
часто имеются механические примеси; часто янтарь
содержит различные включения: насекомых, части
растений, газовые пузырьки и др.

К. с. — аморфное вещество.

О. ф. — кругловатые или тупоуголоватые куски, сталактитовые, слоистые, капельные формы.

- Цв. — характерный желтый — янтарный, красноватый и бурый, изредка зеленый и фиолетовый.
- Бл. — смолистый.
- Тв. — 2—2,5.
- Уд. в. — 1,050—1,090.
- Исп. — разлагается при 150° , плавится при $250—400^{\circ}$, горит, издавая приятный гвоздичный запах. При трении электризуется.
- Ген. — ископаемая смола третичных хвойных деревьев.
- Прим. — поделочный камень; электроизолятор физических приборов; материал для изготовления янтарной кислоты и лаков высшего качества.
- Г. м. — коренные третичные месторождения во многих пунктах УССР; в окрестностях Киева — янтареносная спондиловая глина и кварцевые пески, также — в Житомирском и Днепропетровском районах. Россыпи — на побережье Белого моря, по нижнему Енисею и др. За границей крупные скопления янтра — в олигоценовых глинах в Восточной Пруссии (Земмланд) на побережье Балтийского моря, между Мемелем и Данцигом.
- Э. н. м. — искаженное греч. электрон, старое русское название алатырь.

МИНЕРАЛЫ ФОСФОРА

Фосфор (P) — пятивалентный элемент пятой группы. Атомный вес — 31,02; порядковый номер — 15.

Радиус атома ?, радиус иона $0,35 \text{ \AA}$. Кларк 0,12.

Соединения фосфора известны очень давно, но для европейской культуры этот элемент открыт Брандом в 1669 г. Назван по свойству светиться в темноте („фосфорос“ по-гречески — светоносный).

Фосфор имеет три модификации.

1. Белый фосфор — при температуре выше 15° — мягкий, как воск, с характерным запахом; его уд. вес 1,83, температура плавления $44,1$, температура кипения 280° . Эта модификация фосфора легко растворима в сероуглероде, обладает большой активностью, которая выражается между прочим в том, что в темноте этот фосфор светится, в тонко измельченном виде на воздухе самопроизвольно воспламеняется; легко восстанавливает некоторые тяжелые металлы из их солей. Сильно ядовит.

2. Красный фосфор с уд. весом 2,2, менее энергичен.

3. Черный фосфор с уд. весом 2,6 и твердостью 2, очень похож на графит. Является, в противоположность предыдущим модификациям, проводником электрического тока и тепла.

Известны следующие соединения фосфора:

Фосфин — газообразный фосфористый водород — PH_3 ; жидкий фосфористый водород — P_2H_4 ; твердый фосфористый водород — P_2H или P_{12}H_6 .

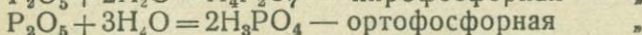
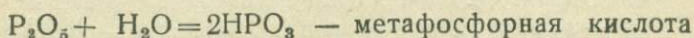
Фосфи́ды, например Ca_3P_2 .

Сульфиды фосфора — P_4S_3 , P_4S_7 и P_2S_5 , легко разлагающиеся соединения; из них P_4S_3 — сесквисульфид фосфора употреблялся прежде для приготовления спичек, загорающихся от трения о всякую поверхность.

Соединения фосфора с галогенами малоустойчивы.

Устойчивыми соединениями фосфора являются его кислотные соединения — трехокись P_2O_3 и пятиокись P_2O_5 (фосфорный ангидрид). Последний представляет наибольший интерес.

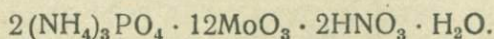
Фосфорный ангидрид, образующийся при сгорании фосфора на воздухе или в кислороде, имеет вид снежно-белой массы, жадно соединяющейся с водой. При этом, в зависимости от температуры, могут образоваться:



Эти кислоты дают соли, называемые фосфатами. Их роль в химии земной коры весьма существенна.

Фосфор относится к четвертому ряду изоморфных элементов (V, P, As, Sb).

Фосфор в составе минерала определяется следующими способами: соли фосфора окрашивают пламя паяльной трубки в зеленоватый цвет; иногда для разложения минерала необходимо прибавить смесь Турнера. Фосфорнокислые соединения алюминия и тяжелых металлов сплавляют на угле с двумя частями соды, затем растертый сплав смешивают с металлическим магнием и нагревают в закрытой трубке; щелочные и щелочноземельные металлы непосредственно нагреваются с магнием; в обоих случаях после погружения трубки в воду образуется фосфористый водород H_3P с резким запахом. Из азотнокислого раствора молибденовокислый аммоний осаждает желтый осадок:



Фосфор применяется — главным образом в виде фосфатов — как удобрение; применяется также в военном деле, в фармацевтических препаратах, для борьбы с грызунами, для покрытия коробок безопасных шведских спичек (красный фосфор).

В литосфере фосфор концентрируется главным образом в осадочных породах — в фосфоритах — и в щелочных изверженных горных породах — в апатите.

Список минералов фосфора

- Стеркорит $\text{H}(\text{NH}_4)\text{NaPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 Монетит HCaPO_4
 Апатит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})_2$
 Фосфорит — аморфный апатит с примесями CaCO_3 , SiO_2 и др.
 Курскит $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2 \cdot \text{CaCO}_3$
 Подолит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$
 Спониозит $\text{Ca}(\text{CaF})\text{PO}_4$
 Пироморфит $\text{Pb}_2(\text{PbCl})(\text{PO}_4)_3$
 Тагилит $\text{Cu}(\text{CuOH})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Триплоидит $(\text{Mn}, \text{Fe})_2(\text{OH})\text{PO}_4$
 Триплит $(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{FPO}_4$
 Вагнерит $\text{Mg}_2\text{MgF}\text{PO}_4$
 Либетенит $\text{Cu}(\text{CuOH})\text{PO}_4$
 Вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Керченит $3(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ca})\text{O} \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
 Оксикерченит $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ca})\text{O} \cdot 4\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
 Анапатит $(\text{Ca}, \text{Fe})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 Гопеит $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 Бериллонит NaBePO_4
 Натрофиллит NaMnPO_4
 Литиофиллит $\text{Li}(\text{Mn}, \text{Fe})\text{PO}_4$
 Струвит $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 Ксенотим YPO_4
 Монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Di})\text{PO}_4$
 Фосфосидерит $4\text{FePO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
 Варисцит $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Вавеллит $2(\text{AlOH})_3 \cdot (\text{PO}_4)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
 Амблигонит $\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 Лазулит $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{AlOH})_2(\text{PO}_4)_2$
 Бирюза $\text{CuAl}_6(\text{OH})_8(\text{PO}_4)_4$
 Торбернит $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
 Ураноцирцит $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Отэнит (отунит) $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{O}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Сванбергит $\text{Sr}(\text{AlO}_2\text{H}_2)_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)$
 Гинсдалит $\text{Pb}(\text{AlO}_2\text{H}_2)_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)$

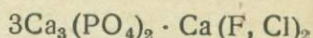
При рассмотрении этого списка минералов следует обратить внимание на то, что фосфор в изверженных породах входит в состав главным образом апатита; в пегматитах и в пневматолитах он концентрируется также в апатите и, кроме того, в монаците, ксенотиме, литиофиллите, натрофиллите, бериллоните, амблигоните, триплите и триплоидите; в эпитермальных месторождениях его минералами являются бирюза, лазулит, вавеллит, варисцит; при поверхностных изменениях рудных месторождений он собирается в пироморфите, тагилите, либетените, торберните, ураноцирците, отэните; при поверхностных процессах в связи с биосферой фосфор концентрируется в фосфоритах, курските, подолите, струвите, а в связи с железорудными осадочными месторождениями — в вивианите, керчените и оксикерчените.

Известно всего около 170 минералов, содержащих фосфор; по акад. А. Е. Ферсману, из этого числа только 5% минералов образуется в магмах, 20% в пегматитах разных магм, 25% в гидротермальных жилах и 50% образуется в связи с поверхностными гипергенными процессами. Из всего этого количества минералов отметим следующие.

Апатит и фосфорит как главные руды на фосфор и индикаторы на него в области осадочных пород; вивианит и биюза — в области метаморфических пород.

Ксенотим и монацит рассматриваются с минералами редких и рассеянных элементов, торбернит и отэнит — с радиоактивными минералами.

11. Апатит



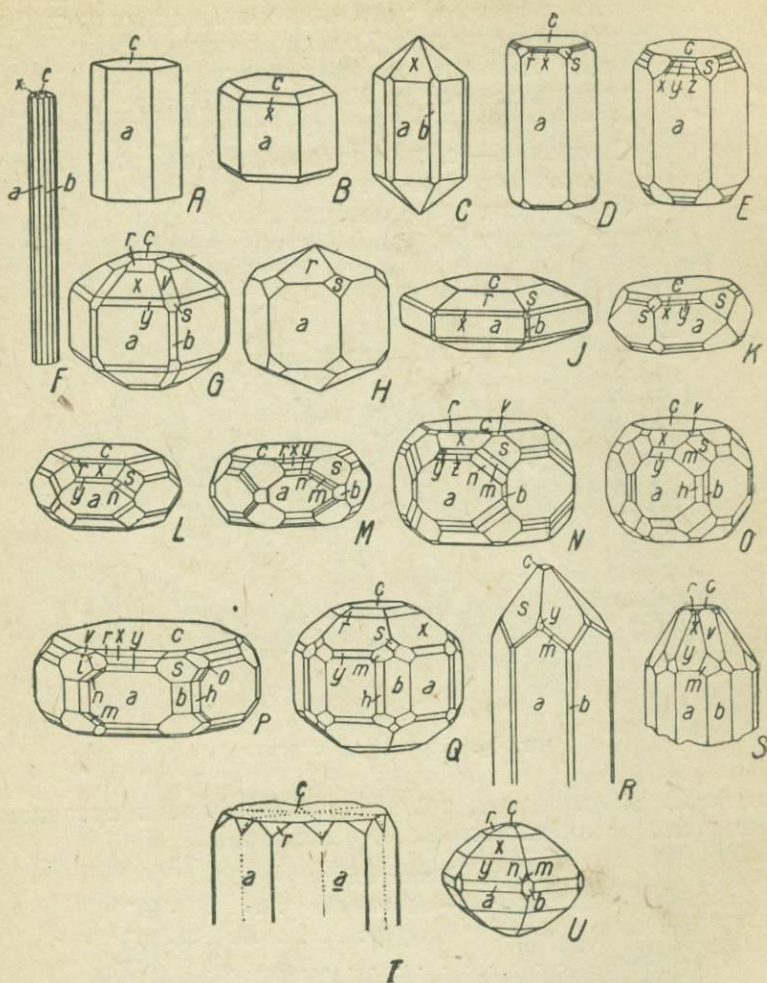
- Х. с. — кальциевая соль ортофосфорной кислоты. Различают фторапатит (наиболее обычный) и хлорапатит (несравненно более редкий);
 фторапатит: $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ — 92,25% и CaF_2 — 7,75%,
 P_2O_5 — 42,3%;
 хлорапатит: $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ — 89,4% и CaCl_2 — 10,6%,
 P_2O_5 — 41,0%.
 Изредка они образуют изоморфную смесь. Гораздо более обычна смесь фторапатита с натровым апатитом $[3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{NaF}]$. Апатит часто содержит значительные примеси натрия, марганца, железа, магния, стронция, редких земель, CO_2 и H_2O .
- К. с. — гексагональная (фиг. 49 и 50).
- О. ф. — гексагональная призма. Кристаллы с удлиненной призмой образуются в магматических породах, с укороченной призмой — в пневмолитах. Встречается также в зернистых и плотных массах.
- Сп. — следы спайности по базису.
- Цв. — белый, серый, желтый, зеленоватый, голубой, синий, фиолетовый, коричневый.
- Бл. — стеклянный и жирный.
- Тв. — 5.
- Уд. в. — 3,16 — 3,23.
- Исп. — перед пламенем паяльной трубки плавится трудно; в HCl и HNO_3 растворяется, с порошком магния дает реакцию на фосфор.
 Оптически — одноосный, отрицательный:

$$N_o = 1,632 - 1,648; N_e = 1,630 - 1,643;$$

$$N_o - N_e = 0,002 \text{ до } 0,005.$$

- Разн. — обыкновенный (фторапатит, реже хлорапатит).
 Прозрачные желтовато-зеленые разновидности называются спаржевым камнем, окрашенные в густой синевато-зеленый цвет — морокситом; ферморит или стронциевый апатит содержит до 10% SrO ; талькапатит — продукт разложения магнийсодержащего апатита; манганатапатит, марганецсодержащий апатит, в котором часть окиси кальция замещена окисью марганца; редкоземельный апатит содержит Ce , Y , La , Di ; щелочные апатиты содержат преимущественно нат-

рий; карбонатапатиты или подолиты рассматриваются как апатиты, состоящие из фосфата и карбоната кальция. Сульфатапатит аналогичен карбонатапатиту, в котором карбонат заменен сульфатом



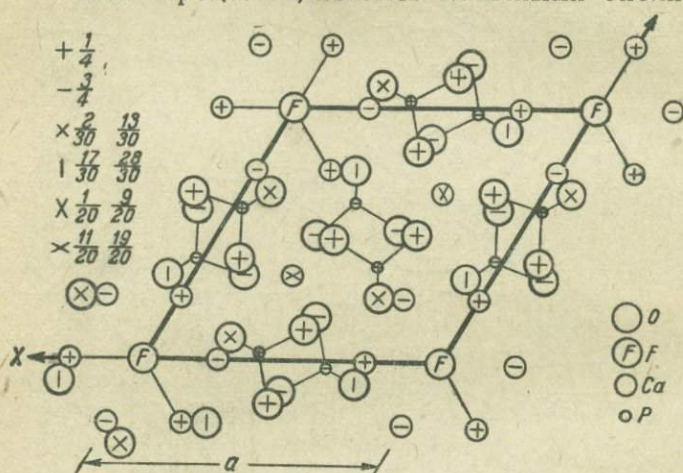
Фиг. 49. Кристаллические формы апатита.

a ($10\bar{1}0$), h ($2\bar{1}30$), b ($11\bar{2}0$), c (0001), r ($10\bar{1}2$), x ($10\bar{1}4$), y ($20\bar{2}1$), z ($30\bar{3}1$), v ($11\bar{2}2$), s ($11\bar{2}1$), m ($2\bar{1}30$), i ($2\bar{1}32$), n ($3\bar{1}41$), o ($3\bar{1}42$). Месторождения: А — Зальцбург; В — Токовая; С — Арендаль; D, L — Писек; E — Ахматовская копь; F — Крагеро; G — Бретань; H — Эренфридерсдорф; J — Сертовская копь; K, O — Сен Готард; M — Шварценштейн; N — Турин; P — Ала-равеца; R — Тироль; S — Корнуолл; T — Сутерланд; U — Венеция.

кальция; гидроксилapatиты включают в себе воду. Фосфориты представляют собой плотные или землистые разновидности апатитов с различными примесями.

Ген. и параген.—обыкновенный апатит образуется в изверженных породах, в пегматитовых и гидротермальных жилах; крупнейшие выделения— в связи с щелочными породами, например с нефелиновыми сиенитами. В Хибинских тундрах, на Кольском полуострове, в парагенезисе с апатитом находятся нефелин, эгирин и титаномагнетит; на Урале в Лебяженском руднике апатит встречается с магнетитом; у Байкала по р. Слюдянке— с диопсидом, тремолитом, скаполитом, флогопитом и др.

Фосфориты образуются в результате биохимических процессов, являясь типичными биолитами.



Фиг. 50. Структура апатита.

По А. П. Виноградову, содержание фосфора в организмах (в процентах от их живого веса) следующее:

Растения	
Водоросли морские — ламинарии	$5 \cdot 10^{-2}$
„ „ фукус	$3 \cdot 10^{-2}$
Пшеница	$6 \cdot 10^{-2}$
Овес	$7 \cdot 10^{-2}$
Животные	
Оса	$3 \cdot 10^{-1}$
Рак речной	$2 \cdot 10^{-1}$
Окунь	$3 \cdot 10^{-1}$
Лягушка	$5 \cdot 10^{-1}$
Воробей	$4 \cdot 10^{-1}$
Мышь	$3 \cdot 10^{-1}$

При отмирании живого вещества фосфор попадает или в почву или на дно водоема, где в дальнейшем может концентрироваться в виде фосфорнокислого кальция. Животные

отбросы, в особенности в стойбищах морских птиц, проникают с водой в нижележащие горные породы, превращая их в фосфаты и нитраты.

Фосфоритам часто свойственны характерные формы желваков и их сростков. Вторичные подольские фосфориты представлены шаровыми блестящими конкрециями. Но встречаются фосфориты и иного типа, так каратауские фосфориты чрезвычайно похожи по внешнему виду на кремнистые сланцы или на рассланцованные порфириды. Цвет фосфоритов обычно буроватый или серый, но встречаются фосфориты и совершенно белые, и совершенно черные.

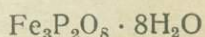
Прим. — главная руда на фосфор.

Гл. м. — Хибинские тундры — апатит в нефелиновых сиенитах. Крупнейшее в мире месторождение (см. табл. II, фиг. 1). В Каратау к северо-западу от оз. Бийлюкуль мощные залежи фосфорита в силурийских сланцах. Месторождения фосфоритов имеются также в районах: Курском, Костромском, Московском, Подольском, ст. Алга (западный Казахстан) и др.

За границей известны месторождения апатита в Канаде и фосфоритов в Африке — в Алжире и Тунисе; в США — в штатах Флорида, Южная Каролина, Теннесси и др.

Э. н. м. — так как первые исследователи обманывались, принимая этот минерал за кварц или какой-либо другой призматический минерал, то они называли его апатитом от греч. апатао — обманываю.

12. Вивианит



Х. с. — водное фосфорнокислородное железо; P_2O_5 —28,3%; FeO —43%; H_2O —28,7%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — призматические, также табличатые, тонко-пластинчатые кристаллы, часто землистые скопления.

Сп. — совершенная.

Цв. — голубоватый, синий, черно-синий.

Бл. — стеклянный, перламутровый или тусклый.

Тв. — 2.

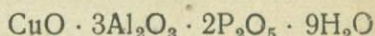
Уд. в. — 2,6.

Исп. — плавится в магнитный шарик, окрашивает пламя в зеленоватый цвет, растворим в HCl ; $+2V = 73^\circ$; $Ng = 1,633$; $Np = 1,579$; $Ng - Np = 0,054$; обладает сильным плеохроизмом.

Ген. — вторичный минерал, образующийся в зоне окисления фосфорных минералов; встречается в осадочных отложениях вместе с керченитом и оксикерченитом; в железорудных месторождениях, часто как продукт реакций железа с фосфористыми органиче-

- скими веществами. Часто встречается в болотных рудах, торфяниках, в виде выцветов на фосфоритах.
- Прим. — применяется как синяя краска. Благодаря своему цвету служит индикатором на фосфор. При плавке железных руд фосфор переходит в томасов шлак, употребляемый как удобрение.
- Гл. м. — в Керченском железорудном районе; в торфяниках Московской области.
- Э. н. м. — в честь английского минералога Вивиани.

13. Бирюза



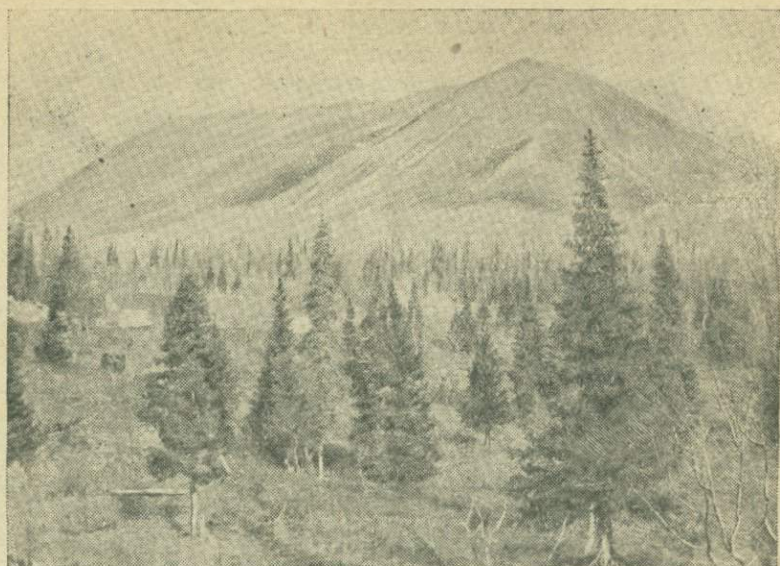
Калаит

- Х. с. — водный алюмофосфат меди; P_2O_5 —34,12%; Al_2O_3 —36,84%; CuO —9,57%; H_2O —19,47%.
- К. с. — триклинная. Кристаллы очень редки, обычно встречается в аморфном виде.
- О. ф. — сплошные, плотные, натечные, капельные формы, реже скрытокристаллические разности.
- Цв. — небесно-голубой и зеленоватый разных оттенков.
- Бл. — восковой.
- Тв. — 5—6.
- Уд. в. — 2,6—2,84.
- Исп. — не плавится, растрескивается при прокаливании, выделяет воду; окрашивает пламя в зеленый цвет; растворяется в HCl .
+2V = 40°.
- Ген. — вторичное образование при разрушении изверженных пород, при наличии соединений меди и фосфора. Последний может заимствоваться как из этих пород, так и из органических соединений. Залегают бирюза в виде жилок и вкрапленников в разрушенных изверженных породах.
- Прим. — драгоценный камень. Индикатор на известную концентрацию фосфора в данном районе.
- Гл. м. — горы Кара-Мазар близ Ленинабада (Тадж. ССР) — с кварцем в порфирах. Хребет Кара-тюбе близ Самарканда. В окрестностях г. Исфары в кремнистых сланцах.
- В Иране знаменитое Нишапурское месторождение (Хорасан).
- Э. н. м. — искаженное персидское слово фирюза, обозначающее этот минерал.

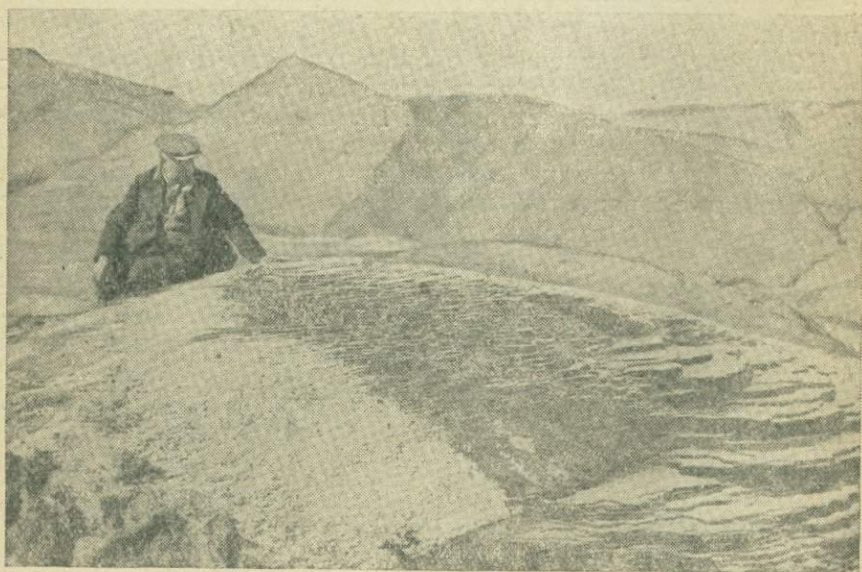
МИНЕРАЛЫ ХЛОРА

Хлор (Cl) — элемент седьмой группы, относится к галогенам.

Атомный вес 35,457, порядковый номер 17, изотопы 35, 37, 39. Радиус атома 1,07 Å. Радиус иона 1,81 Å. Кларк 0,20.



Фиг. 1. Отрог горы Кукисвумчорр в Хибинах с крупнейшими в мире месторождениями апатита.



Фиг. 2. Отложения железистого минерального источника. Урочище Хораз на о. Челекен.

Температура кипения $34,7^\circ$, затвердевания — $101,5^\circ$.

Хлор в $2\frac{1}{2}$ раза тяжелее воздуха.

Соединения хлора были известны в глубокой древности; сам же хлор был открыт Шееле в 1774 г.

С химической стороны хлор отличается энергией и дает много соединений, из которых для нас представляют интерес главным образом хлориды и оксихлориды. Первые представляют собой соли хлористо-водородной кислоты (HCl), вторые — соли хлорноватистой кислоты (HClO) и ее аналогов, например хлористой кислоты (HClO_2).

Хлор относится к третьему ряду изоморфных элементов (Br , J , Cl , F).

Хлор окрашивает пламя паяльной трубки в голубой цвет при присадке окиси меди; после сплавления с содой или без этого в смеси с кислым серноокислым калием и небольшим количеством перекиси марганца в закрытой трубке, при нагревании, выделяется хлор, обладающий белящими свойствами. Из раствора азотнокислого серебра осаждается творожистый осадок хлорного серебра.

В химии земной коры хлор играет большую роль, принимая участие в образовании легко растворимых солей. В зоне магмы эти соединения не образуются, но хлор способствует тяжелым металлам улетучиваться из магмы (магматическая экстракция). Тяжелые металлы в виде хлористых соединений поднимаются вверх и откладываются в трещинах и полостях — уже в виде сернистых или кислородных соединений. Способствуя миграции тяжелых металлов, хлор в термальных жилах с ними не соединяется, а мигрирует далее с термальными водами.

Хлористые соединения в большинстве своем легко растворяются в воде. Только соли серебра, свинца и одновалентной ртути в воде не растворимы. Из водных растворов в условиях земной коры выпадают хлориды.

При вулканических извержениях выделяется огромное количество хлора; сложными путями миграции он в конце концов концентрируется в виде солей в воде океанов.

Промышленная добыча хлора производится почти исключительно путем электролиза поваренной соли — галита, главного хлорсодержащего минерала. Хлор употребляется главным образом для белины тканей, для хлорирования воды и как химический реактив.

Всего насчитывается около 50 хлорсодержащих минералов. Из них отметим:

Галит NaCl
Сильвин KCl
Нашатырь NH_4Cl
Кераргирит AgCl
Каломель HgCl
Нантокит CuCl
Скакит MnCl_2
Атакамит $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$

Эггестонит $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$
 Терлингуаит Hg_2ClO
 Карналлит $\text{KClMgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 Бишофит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 Тахгидрит $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
 Риннеит $\text{NaCl} \cdot 3\text{KCl} \cdot \text{FeCl}_2$
 Болеит $9\text{PbCl}_2 \cdot 8\text{CuO} \cdot 3\text{AgCl} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
 Матлокит Pb_2OCl_2
 Лаурионит $\text{Pb}(\text{OH})\text{Cl}$
 Фосгенит $\text{PbCO}_3 \cdot \text{PbCl}_2$
 Сульфогалит $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{NaF}$
 Хлорпатит $(\text{CaCl})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$
 Пироморфит $(\text{PbCl})\text{P}_4(\text{PO}_4)_3$
 Миметезит $(\text{PbCl})\text{Pb}_4(\text{AsO}_4)_3$
 Ванадинит $(\text{PbCl})\text{Pb}_4(\text{VO}_4)_3$
 Содалит $n\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot m\text{NaCl}$

В связи с магматическими глубинными породами образуются хлорпатит и содалит; при вулканических извержениях путем возгона на лаве образуются — галит, сильвин, нашатырь, нантокит, скаккит, атакамит; при выветривании рудных жил образуются: кераргирит, каломель, нантокит, атакамит, эггестонит, терлингуаит, болеит, матлокит, лаурионит, фосгенит, пироморфит, миметезит и ванадинит; в нормальных осадочных отложениях с растворимыми солями — галит, сильвин, карналлит, бишофит, тахгидрит, риннеит.

Главнейшие из этих минералов рассматриваются как минералы натрия, калия, меди и пр.

МИНЕРАЛЫ ИОДА И БРОМА

Бром и йод — галогены, аналоги хлора, элементы седьмой группы.

Br — атомный вес 79,916, порядковый номер 35.

J — атомный вес 126,92, порядковый номер 53.

Радиус атома иода 1,36 Å, брома 1,19 Å, Кларк 0,001.

Радиус иона иода 2,20 Å, брома 1,96 Å.

Йод открыт Куртуа в 1811 г.

Бром открыт Балиаром в 1826 г.

Йод и бром относятся к третьему ряду изоморфных элементов (Br, J, Cl, F). Оба они играют сравнительно небольшую роль в химии земной коры; они относятся к рассеянным элементам и концентрируются сравнительно редко во вторичных минералах коры выветривания и в соляных рассолах.

Главная масса иода и брома добывается из нефтяных, озерных, глубоких подземных вод, вод грязевых вулканов, а также из морских водорослей. В качестве примера можно указать на соляные воды девонских слоев, полученные в глубоких скважинах Москвы; в этих водах содержание брома доходит до 300 мг/л. В водах и в водорослях содержание брома обычно бывает в десятки раз больше, чем иода.

Минералы иода и брома:

Иодирит AgJ
Майерсит (миерсит) 4AgJCuJ
Маршит CuJ
Эмболит $\text{Ag}(\text{Br}, \text{Cl})$
Иодобромит $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br}, \text{J})$
Бромирит AgBr
Бром-аммоний NH_4Br
Иод-аммоний NH_4J
Лаутарит $\text{Ca}(\text{JO}_3)_2$
Дитцеит $\text{Ca}(\text{JO}_3)_2 \cdot \text{CaCrO}_4$
Шварцембергит $\text{Pb}(\text{JO}_3)_2 \cdot 3\text{Pb}_3\text{O}_2\text{Cl}_2$

Эти минералы встречаются очень редко, в небольших количествах, в шляхах серебряных и медных месторождений. Иод и бром из них не добываются, поэтому детально рассматривать эти минералы мы не будем.

В СССР иод и бром добываются из нефтяных вод Апшеронского полуострова, из водорослей Черного и Баренцова морей.

МИНЕРАЛЫ СЕРЫ

Сера (S) — металлоид шестой группы, аналог, с одной стороны, кислорода, с другой, — селена и теллура. (Двадцатый изоморфный ряд).

Атомный вес 32,06, порядковый номер 16, изотопы 32, 33, 34, 37, 38.

Радиус атома 0,9—1,0 Å, радиус иона 1,74 Å (двухвалентного) и 0,36 Å (шестивалентного). Полиморфное вещество. Кларк 0,10.

Сера была известна в глубокой древности.

Различают сернистые соединения (сульфиды), в которых сера двухвалентна и отрицательна, и сернокислые соли (сульфаты), в которых она шестивалентна и положительна.

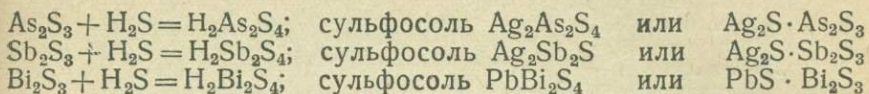
Сера может находиться: в свободном виде, в соединении с кислородом, в виде трехоксида SO_3 , двуоксида SO_2 , полуторной окиси S_2O_3 , закиси SO , перекиси S_2O_7 . Эти соединения дают соответствующие соли. Из них наибольшее значение в природе имеют сульфаты, соли серной кислоты. В воде растворимы: сульфаты калия, натрия, магния, алюминия, хрома, никеля, кобальта, цинка, марганца, железа, меди, кадмия, висмута; слабо растворимы: сульфаты кальция, серебра; практически в воде не растворимы сульфаты бария, стронция, свинца, радия.

Из галоидных соединений серы известны соединения: с фтором — S_2F_2 , SF_4 , SF_6 , с хлором — S_2Cl_2 , SCL_2 , SCL_4 , с бромом — S_2Br_2 ; с иодом определенных химических соединений серы неизвестно.

Соединение серы с водородом — H_2S — относится к типу сернистых соединений, в этом соединении сера двухвалентна и отрицательна.

Акад. В. И. Вернадский различает следующие типы сернистых соединений:

1. Сульфиды кислотного типа аналогичны кислородным ангидридам; с сероводородом они образуют сульфокислоты, подобно тому, как ангидриды образуют с водой кислородные кислоты.



Многие сульфокислоты существуют в свободном виде, образуя самостоятельные минералы, например: аурипигмент As_2S_3 , антимонит Sb_2S_3 , бисмутин Bi_2S_3 .

2. Сульфобазы — соединения основного типа, аналогичные кислородным основаниям; эти соединения также образуют самостоятельные минералы: аргентит Ag_2S , галенит PbS , сфалерит ZnS , киноварь HgS и др.

3. Сульфосоли или соли сульфокислот, аналогично солям кислородных кислот, могут быть средние, кислые или основные. Примеры сульфосолей CuFeS_2 (халькопирит), Cu_3FeS_4 (борнит).

4. Полисернистые соединения относятся к типу перекисей, к ним принадлежат пирит FeS_2 , марказит FeS_2 и др.

5. Сера входит в продукты присоединения, к алюмосиликатам, а также в органические соединения.

Насчитывается около 615 серосодержащих минералов; это составляет около 17% от всех минералов. Среди минералов серы количества сернистых минералов (289) и сульфатов (273) очень близки друг другу. В условиях коры выветривания, вне восстановительной среды, устойчивыми являются только сульфаты, в восстановительной среде и в глубоких частях земной коры устойчивы сульфиды — сернистые соединения.

Самородная сера образуется при переходе сернистых соединений в сульфаты; она устойчива только в восстановительной среде.

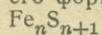
Промышленную серу добывают из руд самородной серы. Кроме того, ее получают при обжиге пирита и колчеданных руд, преимущественно халькопирита. Сульфиды тяжелых металлов являются их промышленными рудами; сера при этом добывается попутно.

Сера употребляется главным образом в основной химии (производство серной кислоты и пр.), электрохимии, электротехнике, точной химии (реактивы); ею пользуются для удобрения и борьбы с сельскохозяйственными вредителями, для бумажного производства, для вулканизации каучука; она находит применение в медицине, санитарном, военном деле и т. п.

Для общей характеристики серосодержащих минералов приводим их список.

1. Самородная сера
 2. Селенистая сера
 3. Сульфокислоты
 - Сероводород H_2S
 - Реальгар As_2S_3
 - Аурипигмент As_2S_3
 - Ангимонит Sb_2S_3
 - Висмутовый блеск Bi_2S_3
 - Молибденовый блеск MoS_2
 - Тунгстениг WS_2
 - Патронит VS_4
 4. Сульфобазы
 - Аргентит Ag_2S
 - Халькозин Cu_2S
 - Ковеллин CuS
 - Галенит PbS
 - Сфалерит $(Zn, Fe)S$
 - Гринокит CdS
 - Киноварь HgS
 - Миллерит NiS
 - Пентландит $(Ni, Fe)S$
 - Алабандин MnS
 - Троилит FeS
 5. Сульфосоли
 - Метасульфосоли:
 - Миаргирит $Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 - Цинкениг $PbS \cdot Sb_2S_3$
 - Сарторит (склероклаз) $PbS \cdot As_2S_3$
 - Эмплектит $Cu_2S \cdot Bi_2S_3$
 - Лорандит $Tl_2S \cdot As_2S_3$
 - Бертьерит $FeS \cdot Sb_2S_3$
 - Пиросульфосоли:
 - Джемсонит $FeS \cdot 4PbS \cdot 3Sb_2S_3$
 - Дюфренуазит $2PbS \cdot As_2S_3$
 - Козалит $2PbS \cdot Bi_2S_3$
 - Ортосульфосоли:
 - Пираргирит $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 - Прустит $3Ag_2S \cdot As_2S_3$
 - Бурнонит $3(Cu_2Pb)S \cdot Sb_2S_3$
 - Айкинит — патринит $3(Pb, Cu)_2S \cdot Bi_2S_3$
 - Виттихенит $3Cu_2S \cdot Bi_2S_3$
- Основные сульфосоли или сложные сульфобазы, к которым относятся
- Блеклые руды $4MSA_2S_3 + 3MSA_2S_3$
 - Тетраздрит $4Cu_2S \cdot Sb_2S_3$
 - Теннантит $4Cu_2S \cdot As_2S_3$
- Собственно основные сульфосоли:
- Иорданит $4PbS \cdot As_2S_3$
 - Менегенит $4PbS \cdot Sb_2S_3$
 - Геокронит $5PbS \cdot Sb_2S_3$
 - Стефанит $5Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 - Беегерит $6PbS \cdot Bi_2S_3$
 - Полибазит $8(Ag, Cu)_2S \cdot Sb_2S_3$
 - Пирент $9(Ag, Cu)S \cdot As_2S_3$
 - Полиаргирит $12Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
- Сульфосоли полимерных кислот:
- Ливингстонит $HgS \cdot 2Sb_2S_3$
 - Купробисмутит $3Cu_2S \cdot 4Bi_2S_3$
 - Клапротолит $3Cu_2S \cdot 2Bi_2S_3$
 - Буланжерит $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$
 - Фрейслебенит $5(Pb, Ag)_2S \cdot 2Sb_2S_3$
- Сульфосоли, производные Fe_2S_3, Co_2S_3 .

Пирротин $\text{FeS} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$, ранее этот минерал считался сульфобазой его формула давалась в таком виде:



Халькопирит $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$

Борнит $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$

Линнеит $\text{CoS} \cdot \text{Co}_2\text{S}_3$

Добреелит $\text{FeS} \cdot \text{Cr}_2\text{S}_3$

Сульфосоли олова и германия:

Станнин $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS} \cdot \text{SnS}_2$

Килиндрит $6\text{PbS} \cdot 6\text{SnS}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$

Канфильдит $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{SnS}_2$

Аргиродит $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$

Сульфосоли, производные As_2S_5 и Sb_2S_5 :

Энарцит $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$

Фаматинит $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_5$

Ксантоконит $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$

Группа теллуристого висмута:

Тетрадимит $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$

Грюнлингит Bi_4TeS_3

Теллуристое золото:

Нагнагит $(\text{Pb}, \text{Au})_n(\text{Sb}, \text{S}, \text{Te})_m$

6. Полисернистые соединения

Пирит FeS_2

Марказит FeS_2

Кобальтовый блеск CoAsS

Арсенопирит FeAsS

7. Оксисульфиды

Мельниковит $\text{FeS}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Гидротроилит $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Кермезит $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$

8. Серный ангидрид SO_3

Сернистый газ SO_2

9. Алюмосиликаты и силикаты с серой

Лазурит $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n(\text{Na}_2\text{S}, \text{NaHS})$

Нозеан $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{CaSO}_4$

Гаюин $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{Na}_2\text{SO}_4$

Гельвин $(\text{Mn}, \text{Fe})_2(\text{Mn}_2\text{S})\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3$

Вишневит $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Таумасит $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{CaSO}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Меланофлогит $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \cdot m\text{SO}_4$

10. Сульфаты

Тенардит Na_2SO_4

Глауберит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$

Барит BaSO_4

Целестин SrSO_4

Англезит PbSO_4

Ангидрит CaSO_4

Основные сульфаты:

Брошантит $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$

Водные сульфаты:

Мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Кизерит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Купоросы

Эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Госларит $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Моренозит $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Мелантерит $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Маллярдит $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Биберит $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Халькантит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Квасцовая группа:

Калинит $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$

Чермигит $(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$

Мендоцит $Na_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$

Алунит $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2(OH)_6$

Лёвигит K_2SO_4

Ярозит $K_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2Fe_2(OH)_6$

Галонды с серой:

Сульфогалит $2Na_2SO_4 \cdot NaCl \cdot NaF$

Урановые сульфаты:

Циппеит $2UO_3SO_3 \cdot 6H_2O$

Уранопилит $CaU_8S_2O_3 \cdot 25H_2O$

Среди органических веществ, содержащих серу, следует отметить асфальты.

По происхождению минералы серы относятся к разным генетическим типам.

К минералам космического происхождения относятся троилит (FeS), добреелит (FeS, Cr_2S_3).

В связи с изверженными породами, пегматитами и пневматолитами образуются: молибденовый блеск, висмутовый блеск, пирротин, халькопирит, тетрадимит, лазурит, нозеан, гаюин, гельвин, вишневит, таумасит.

В гидротермальных жилах образуются: реальгар, аурипигмент, антимонит, висмутовый и молибденовый блеск, тунгстениит, аргентит, галенит, сфалерит, гринокит, киноварь, миллерит, пентландит, алабандин, миаргирит, цинкениит, сарторит (склероклаз), эмплектит, лорандит, бертьерит, джемсонит, дюффренуазит, козалиит, пираргирит, прустит, бурнонит, айкинит-патринит, виттихенит, тетраэдрит, теннантит, иорданит, менегениит, геокронит, стефанит, кильбрикенит, беегерит, полибазит, пирсеит, полиаргирит, ливингстонит, купробисмутит, клапротит, буланжерит, фрейслебенит, пирротин, халькопирит, борнит, линнеит, станнин, канфильдит, аргиродит, энаргит, фаматинит, ксантоконит, грюнлингит, нагиагит, пирит, марказит, кобальтовый блеск, арсенопирит, барит, целестин.

В связи с изменением жильных месторождений образуются: халькозин, ковеллин, пирит и серебряные сульфосоли.

В железной шляпе рудных месторождений находятся следующие минералы: сера, кермесит, англезит, брошантит, госларит, моренозит, маллярдит, биберит, халькантит, циппеит, уранопилит, ярозит и мелантерит.

В связи с окислением серного колчедана, сероводорода и самородной серы, образуются, кроме этого, калинит, чермигит, мендоцит и алунит.

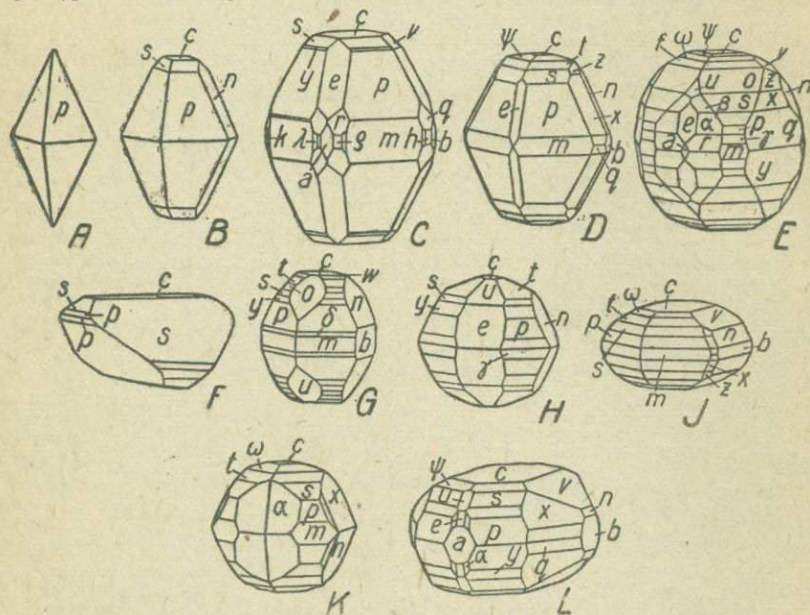
В связи с вулканическими процессами выделяется сероводород, серный ангидрид и сернистый газ, самородная сера, селенистая сера, реальгар, аурипигмент и другие сернистые минералы, среди которых наиболее заметную роль играют марказит и пирит.

В осадочных породах, в условиях восстановительной среды, также образуется ряд минералов серы, из которых

отметим: самородную серу, сероводород, реальгар, аурипигмент, молибденовый блеск, патронит, аргентит, халькозин, ковеллин, галенит, сфалерит, халькопирит, пирит и марказит, барит, целестин.

В морских илах образуются мельниковит и гидротроилит, а в химических осадках отлагаются тенардит, глауберит, барит, целестин, ангидрит, мирабилит, гипс, кизерит, эпсомит, сульфогалит и асфальты.

Из минералов серы здесь будут рассмотрены: самородная сера (фиг. 51), пирит и марказит, гидротроилит и пирротин.



Фиг. 51. Кристаллические формы серы.

a (100), b (010), c (001), e (310), λ (210), m (110), h (120), h (130), n (011), v (013), e (101), u (103), γ (331), δ (221), p (111), y (112), s (113), o (114), t (115), ω (= w в G) (117), ψ (119), q (131), x (133), z (135), r (311), α (313), β (315). A, B — Сицилия; G, I — искусственные кристаллы; D, E, L — Косташика; F — Рокнальмугто; G, K — Витлей Майнс, H — Монте Пони.

14. Самородная сера

S

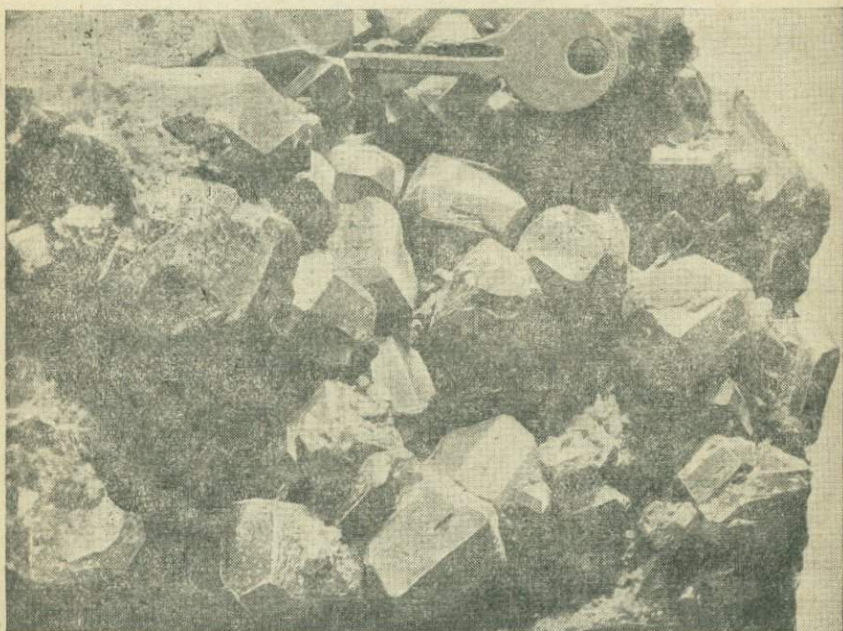
X. с. — сера химически часто совершенно чиста, но иногда представляет собой твердый раствор серы, селена и теллура, серы и углеводородов. В селенистой сере показатель преломления серы возрастает с увеличением количества селена. В природной сере найдены также механические примеси битумов, глины и др.

K. с. — сера вещество полиморфное; отметим ромбическую, моноклинную и аморфную серу.

O. ф. — ромбическая или α -сера обычно образует кристаллы в виде острых пирамид, реже — толстых таблиц

(фиг. 52). В комбинациях часто два сфеноида. Изредка наблюдаются двойники (иногда прорастания по (101), редко по (011), (110) и часто параллельные сростки. Сера дает отдельные хорошо образованные кристаллы — от крупных до мельчайших, сростки, друзы и т. п. Иногда встречается в сплошных массах до нескольких сотен тонн; нередко натечные, почковидные, сталактитовые, корковые образования.

Цв. — характерно желтый, реже коричневый, зеленоватый, сероватый.



Фиг. 52. Кристаллы самородной серы. Месторождение Шор-су (Узбекская ССР).

Бл. — смолистый до алмазного.

Тв. — 1,5—2,5.

Уд. в. — 2,05—2,09.

Исп. — показатель преломления $N_g = 2,245$, $N_m = 2,038$, $N_p = 1,958$, $N_g - N_p = 0,287$. Не растворяется в кислотах, растворима в CS_2 , скипидаре, бензине.

Гон. — самородная α -сера может образоваться на поверхности земли следующими способами:

1. Сублимация серы — возгон во время вулканических извержений: выделение серы из H_2S и SO_2 или H_2S и O_2 в поствулканическую стадию. Выделение серы из H_2S и O_2 в горячих минеральных источниках.

2. Выделение серы из сульфатов при действии на последние восстанавливающих веществ (углерода, битума и т. п.) или при действии сульфобактерий восстанавливающих сульфат до H_2S . В том и другом случае получается сероводород, который затем окисляется жизнедеятельностью серобактерий или атмосферным кислородом с образованием воды и свободной серы.

Обычными иллюстрациями этих процессов служат следующие реакции (по Бишофу):

1. $CaSO_4 + 2C = CaS + 2CO_2$;
2. $CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$;
3. $H_2S + O = H_2O + S$.

Можно предположить, что сернокислый кальций отлагался в лагунах и что в присутствии органического вещества анаэробные бактерии восстановили его при температуре 25—30° до сероводорода (H_2S).

1. $CaSO_4 + 2C = CaS + 2CO_2$.

В присутствии воды CaS гидролизуется:

2. $CaS + 2H_2O = Ca(OH)_2 + Ca(SH)_2$.

Эта реакция имеет место только в присутствии некоторого количества окисляющегося органического вещества, которое, может быть, присутствует в битуминозных породах, всегда находящихся в ассоциации с серными залежами. Углекислота, освободившаяся при окислении, реагирует с продуктами второго равенства и образует $CaCO_3$.

3. $Ca(OH)_2 + Ca(SH)_2 + 2CO_2 = 2CaCO_3 + 2H_2S$.

H_2S , как сказано, окисляется или кислородом воздуха или серобактериями, выделяя серу. Таким образом получают скопления серы на дне лагуны.

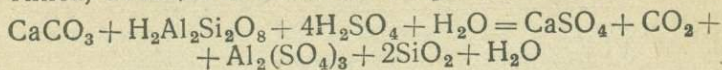
Автором выдвинуто иное объяснение образования серных месторождений. Прежде всего в реакцию вступают не твердые вещества (последние реагируют только при сильном давлении в зоне метаморфизма), а их водные растворы, т. е. не $CaSO_4$, а ион кальция и ион SO_4 . Ион SO_4 восстанавливается до H_2S и CO_2 , вероятно, битумом (углеводород сложного состава) в присутствии катализатора при повышенной температуре.

Замечено, что в нефтяных водах иона SO_4 нет, а всегда присутствует H_2S ; в соседних же с нефтяными месторождениями водах ион SO_4 всегда бывает в больших количествах.

Выделившийся из нефтяных вод сероводород, уже ближе к поверхности, в пористых породах, начинает окисляться до серы, почему сера и встречается часто в песчаниках, конгломератах, известняках, мергелях и т. д. Выделившаяся при этой

же реакции углекислота дает новообразования — обычно в виде арагонита и кальцита.

На поверхности сера неустойчива. Она окисляется до H_2SO_4 ; последняя разрушает мергели, с образованием вторичного гипса, квасцов и коллоидов кремнезема:



Так как мергель вообще не представляет собой смеси чистого каолина с чистым кальцитом, а обычно содержит соли щелочей, железо, фосфаты и другие вещества, то реакция бывает гораздо сложнее; образуется не только $Al_2(SO_4)_3$, но и алунит $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al(OH)_6$, ярозит $K_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2Fe_2(OH)_6$, другие квасцы, а также купоросы. Здесь приводится лишь схема этой реакции.

При данном типе образования серы возможен выход сероводорода H_2S на поверхность с минерализованными источниками вадозного и фреатического характера. Такой сероводород быстро окисляется в воздухе и дает незначительные скопления серы.

3. Наконец, к выделению серы может привести разложение сернистых соединений в кислородной зоне.

Парагенетически с серой связаны следующие минералы: гипс, битум, коллоидальная глина, ангидрит, кальцит, каменная соль; арагонит, целестин, халцедон, опал, минералы группы квасцов и купоросов, пирит.

Присутствие на выходах осадочных пород квасцов, обесцвеченный или окрашенный вид этих выходов, все это дает большое основание подозревать в них наличие серы, хотя бы в этих породах и не было бросающегося в глаза гипса.

При 98° ромбическая сера переходит в моноклинную β -серу или сульфурит (сульфуритом называют и аморфную серу).

Моноклинная β -сера, уд. в. 1,95, плавится при 118° (120°), обычно образуется в кратерах вулканов. Главная масса этой модификации серы выпадает во время вулканических извержений, путем непосредственного застывания, образуя сплошные массы мелких призматических вытянутых кристаллов. Эта сера переходит в ромбическую α -серу в виде агрегата микроскопических кристаллов.

Аморфная сера состоит из двух видов серы: S_{μ} нерастворимая и S_{λ} — растворимая в сероуглероде.

Аморфная сера образуется при окислении сероводорода, при обменной реакции между SO_2 и H_2S ; она является составной частью жидкой расплавленной серы. Значительные количества студенистой коллоидальной серы отлагаются из серных источников Крыма, Кавказа, Копет-дага и других районов.

В пределах СССР месторождения серы известны в следующих местах: в осадочных породах в связи с битумами;

Сюкеево и другие месторождения Татарской республики; Куйбышевский район; по Волге — Алексеевка, Водино. В Крыму — Чокур-Кояш, на Кавказе — Кхиуты и др. В Средней Азии известно самое большое количество серных месторождений в осадочных породах в связи с битумами: в Туркмении группа серных бугров, в песках Кара-Кумы и мощный сероносный горизонт в гипсах хребта Гаурдак; в Узбекистане — Шор-су; в Киргизии — Чангырташ (Джалалабадский район).

В нашем Союзе имеются большие перспективы нахождения новых месторождений серы и нефти.

Крупные месторождения США находятся в Луизиане и Тексасе в связи с соляными и нефтяными месторождениями среднетретичного возраста (миоцен) в осадочных породах.

В Италии главные месторождения находятся в Сицилии в осадочных породах в связи с битумами.

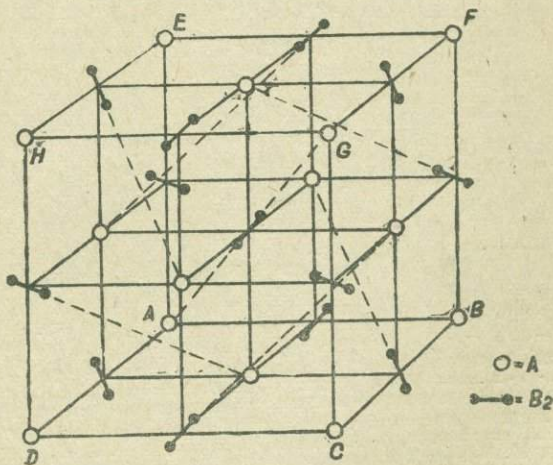
В Японии и Чили имеются месторождения серы вулканического происхождения.

15. Пирит и марказит



Серный или железный колчедан

Х. с. — полиморфные разновидности двусернистого железа, полисернистые соединения: S—53,4%, Fe—46,6%. Пирит часто содержит примеси селена, золота и меди. В том и другом нередки примеси Co, Ni, Pb.



Фиг. 53. Структура пирита.

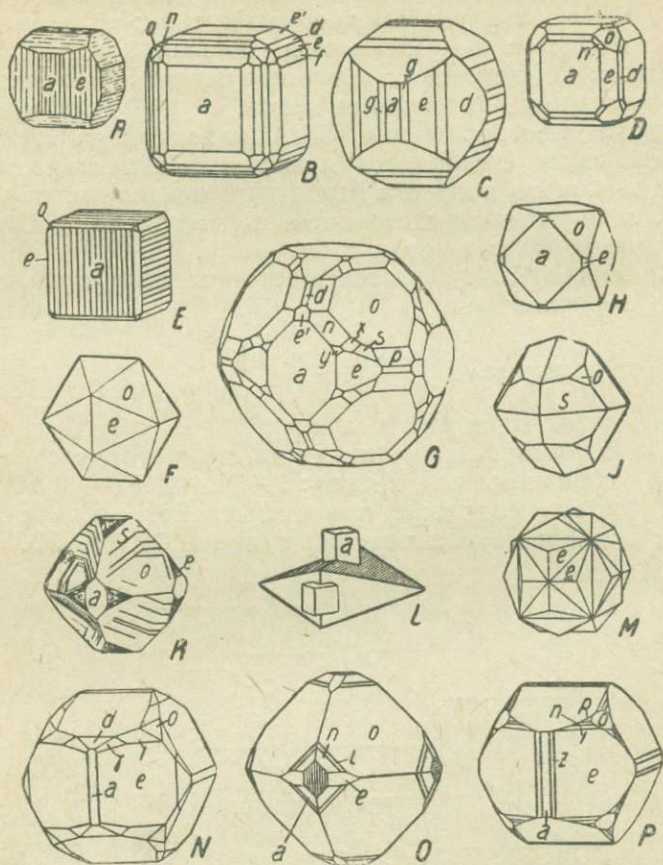
A—Fe; B₂—S.

К. с. — пирит кубический, марказит ромбический (фиг. 53).

О. ф. — пирит обычно кристаллизуется в формах куба и пентагонального додекаэдра, а также в виде вкрапленных или сплошных масс (фиг. 54); марказит в

виде шестоватых, гребенчатых и копьевидных сростков, желваков и конкреций с лучисто-шестоватой структурой и плотных масс (фиг. 55).

Цв. — светложелтый, у марказита на свежих разломах цвет более сероватый, чем у пирита; селенистый пирит из Карабаша (Урал) имеет зеленоватый оттенок.



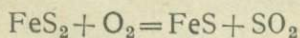
Фиг. 54. Кристаллические формы пирита.

a (100), d (110), o (111), f (310), z (11·4·0), e (210), g (320), e' (120), n (211), l (533), p (221), s (321), t (421), y (521), x (532), γ (11·5·2). Фигуры А (Ивигут), В, С (Вальгюна), D, E, F (Траверселла), N (Пертшир) и P показывают значимость зоны [100]. Характерные для пирита зоны [120] видны на фиг. D, G (Жис Алмас, Венгрия), N, O (Альмазел, Венгрия) и P, G, H, K (Кингс Бридж Н. И.), J (Траверселла), M (Влото, Вестфалия), L (Фрейберг).

Тв. — пирит 6—6,5, марказит 6.

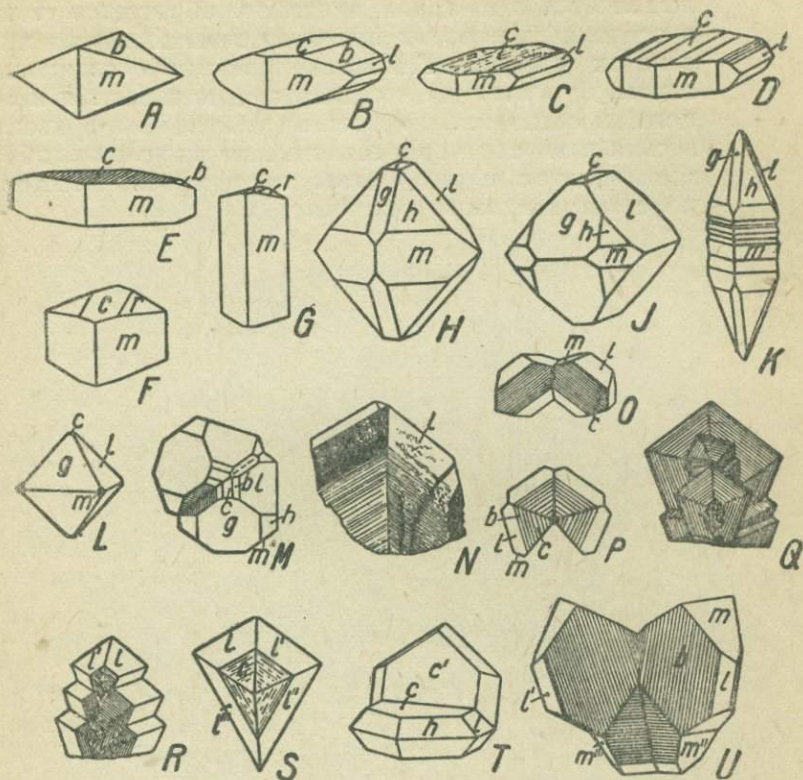
Уд. в. — пирита 4,95—5,10; марказита 4,3—4,9.

Исп. — при прокаливании паяльной трубкой горят голубым пламенем с выделением сернистого газа.



Остаток FeS обладает магнитными свойствами. В закрытой трубке дают возгон серы, также оставляя магнитный остаток; дают реакцию на железо и серу (серная печень).

Растворимы в азотной кислоте, не растворимы в соляной кислоте.



Фиг. 55. Кристаллические формы марказита.

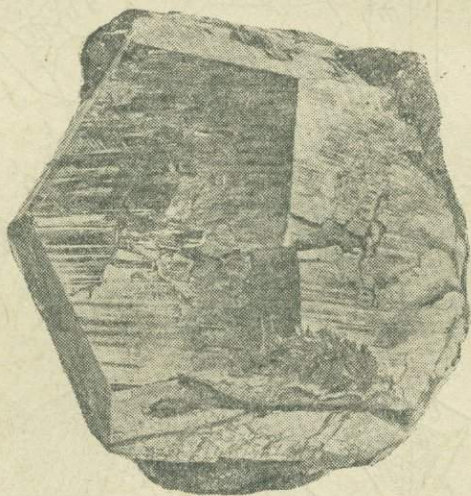
c (001), m (110), g (101), l (011), b (013), r (014), h (111), А — Тунаберг; G, S — Кармо; D, L — Висконсин; G — Вермланд; K — искусственный кристалл; M — Иллинойс; N, P, Q, U — Липтмиц; T — Фрейберг. Характерным для марказита является образование двойников (M, N, O, P, Q, R, S, T, U).

Ген. — пирит является одним из самых распространенных минералов, он образуется при разных условиях в магматических породах, на контактах, в метаморфических сланцах, в пегматитах, в пневматолитах и в гидроталитах и, наконец, в осадочных породах в восстановительной среде. Здесь он образуется по реакции $FeSO_4 + H_2S + S = FeS_2 + H_2SO_4$.

Эта реакция идет даже при обыкновенной температуре, в растворах, которые содержат менее 1% свободной H_2SO_4 . Из растворов более кислых и при более низких температурах образуется марказит.

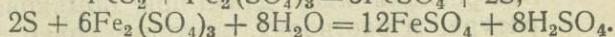
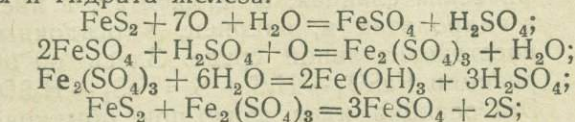
Максимальное количество пирита концентрируется в мезотермальных жилах, на контактах, в залежах среди метаморфических пород и в эпитермальных отложениях в эффузивных породах (пиритизация).

Марказит выпадает из кислых растворов при более низком давлении, в мезо- и эпитермальных жилах; выделяется в возгонах вулканов, образуется также в осадочных породах преимущественно в углистых сланцах и углях. Глинистые сланцы и сланцевые глины, пропитанные марказитом, называются квасцовыми сланцами. Парагенезис пирита и марказита весьма разнообразен в зависимости от условий образования, так пирит может встречаться вместе с полевым шпатом и с киноварью.



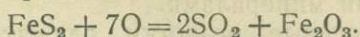
Фиг. 56. Кристалл пирита (пентагональный додекаэдр). Остров Эльба.

Изм. — пирит и марказит в коре выветривания окисляются, образуя серу, сульфаты и гидрат железа. В следующих химических уравнениях приведен характер окисления пирита или марказита с образованием: сульфата железа, серной кислоты, самородной серы и гидрата железа.



Процессы этого типа протекают в железной шляпе рудных месторождений.

Прим. — серный колчедан в промышленности служит для получения серной кислоты. При обжиге колчедана получаются сернистый газ и окись железа:

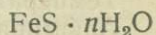


Применяя пылевидный серный колчедан для сгорания, можно получить максимальное количество сернистого газа и окиси железа, которая может быть использована не только как красная краска, но и как железная руда.

Гл. м. — на Урале многочисленные залежи медистых золотоносных пиритов в метаморфических сланцах, — Кыштымский район, Калата и др.; в Азербайджане — обильная пиритизация изверженных пород Чирагидзора, Кедабека; в Киргизии — залежи в метаморфических сланцах, Ачикташ (Нельды). В Испании — Рио-Тинто, в Норвегии — Сулительма и др.

Э. н. м. — пирит от греческого (пюр — огонь) огниво, марказит — арабское название колчедана.

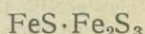
16. Гидротроилит



Гидрат сернистого железа.

Черный аморфный минерал в илу морей и грязевых озер; больших скоплений не бывает.

17. Пирротин



Магнитный колчедан

Х. с. — некоторые исследователи часто дают формулу пирротина $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$; железная сульфосоль сульфожелезной кислоты; Fe—60—61,6%, S—38,4—40%, иногда содержит до 5% никеля.

К. с. — гексагональная.

О. ф. — обычно массивный, иногда встречается в гексагональных коротких призмах, табличках; часто наблюдаются двойники.

Сп. — неясная, имеется раздельность по двойниковым плоскостям.

Цв. — красновато-желтый, коричневый, бронзовый. Цвет черты серовато-черный.

Бл. — металлический.

О. с. — магнитный.

Тв. — 3,5—4,5.

Уд. в. — 4,4—4,65.

Исп. — на угле в восстановительном пламени сплавляется в магнитный шарик; в окислительном пламени дает красную окись железа; растворяется в HCl с выделением сероводорода.

Ген. — был найден в метеоритах; образуется в глубинных магматических, главным образом, основных породах, на контактах, в глубоких термальных жилах в

парагенезисе с пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, пентландитом, никелином, сперрилитом; встречается также в мезотермальных жилах с кобальтовыми минералами.

- Прим. — никелевые разности служат рудами на никель; обычные разности, вместе с пиритом, идут на обжиг для получения серного ангидрида.
- Гл. м. — Норильское в низовьях Енисея (крупные выделения в оливиновом диабазе); Монче Тундра на Кольском полуострове (в основных породах), Сэдбери в Канаде.
- Э. н. м. — дано по цвету минерала, от греческого пирротис — красноватый.

АЛЮМИНИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Алюминий (Al) — трехвалентный металл третьей группы.

Атомный вес 26,97, порядковый номер 13. Радиус атома

1,43, Å, радиус иона 0,57 Å. Кларк 7,45.

Удельный вес 2,65—2,80.

Температура плавления 658,7°.

Алюминиевые соединения, и в частности квасцы, были известны в глубокой древности, но впервые металлический алюминий был получен Велером в 1827 г.

Известны следующие соединения алюминия: окись алюминия Al_2O_3 , не растворима в кислотах, сплавляется в буре.

Гидроокись алюминия $Al(OH)_3$ выделяется щелочами из растворов солей алюминия; растворима в избытке щелочей с образованием алюминатов: $Al(OH)_3 + NaOH = Na_2Al_2O_4 + H_2O$. Окись алюминия представлена в природе корундом, гидроокись — минералами групп боксита, алюминаты — группой шпинели. Галоидные соединения алюминия AlF_3 и $AlCl_3$ с химической стороны весьма различны; AlF_3 не растворим в воде и кислотах, вместе с фторидами щелочей образует фтор-алюминаты, например криолит Na_3AlF_6 ; $AlCl_3$, напротив, легко растворим в воде; водный раствор его, вследствие гидролиза, обнаруживает сильную кислую реакцию.

Сульфат алюминия также легко растворим в воде, гидролизуется и дает кислую реакцию. В соединении с сульфатом щелочей и щелочно-земельных металлов он дает группу основных солей — растворимых и нерастворимых квасцов.

Огромную роль в литосфере играют соединения алюминия с кремнием, так называемые алюмокремневые соединения. После работ нашего русского ученого акад. В. И. Вернадского выяснился характер этих соединений как производных комплексных алюмокремневых кислот. Этому представлению не противоречат и новейшие рентгенометрические исследования алюмосиликатов. По толкованию В. И. Вернадского, SiO_2 и Al_2O_3 — окислы кремния и алюминия могут связываться друг с другом в чрезвычайно характерный комплексный ангидрид $SiO_2 \cdot Al_2O_3$, способный образовывать с металлами соли, совер-

шенно аналогично простым кислотным ангидридам. В этих соединениях алюминий может быть замещен только на элементы своего изоморфного ряда (Fe, Cr), так же как и кремний.

Алюминий относится к первому изоморфному ряду (Al, Fe, Cr, Mn, Ti, V, In).

Пространственная решетка соединений кремния построена по схеме тетраэдра: Si находится в центре, и вокруг него, в углах тетраэдра располагаются ионы кислорода, то же наблюдается и для алюминия; при образовании алюмокремневых солей натрий, калий и другие ионы помещаются между цепочками тетраэдров кремния, алюминия и кислорода.

Необходимо иметь в виду, что тетраэдры кислорода с кремнием могут замещаться не только тетраэдрами кислорода с алюминием, но и тетраэдрами кислорода с серой, фосфором и другими соединениями.

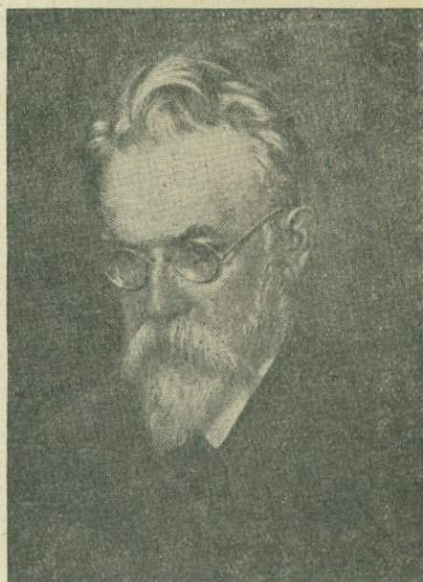
Среди алюмокремневых соединений могут быть выделены: комплексный ангидрид, например, — дистен Al_2SiO_5 , гидраты комплексного ангидрида — каолин $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Соли этих кислот — алюмосиликаты, например, анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

Продукты присоединения к алюмосиликатам, например, нефелин $p \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 q \text{SiO}_2$.

Алюминий является одним из преобладающих элементов в земной коре. По акад. А. Е. Ферсману, известно около 250 минеральных видов, содержащих алюминий в основных углах своих пространственных решеток.

Отдельные группы минералов алюминия представлены в количественном отношении следующим образом.



Акад. В. И. Вернадский.

	Всего	% от общего количества
Галоидные	15	6
Окислы	15	6
Карбонаты	5	2
Алюмосиликаты	100	40
Фосфаты	75	30
Бораты	2	1
Сульфаты	35	14
Органические соединения	1	0,4
	248	100%

Из этого количества алюминиевых минералов следует отметить следующие:

Галоидные соединения	{ криолит Na_3AlF_6 или $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ хиолит Na_2AlF_5 или $2\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ хлоралюминит $\text{AlCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Простой окисел	корунд Al_2O_3
Алюминаты группы шпинели	{ шпинель $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ герцинит $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ганиг $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
Алюминат — хризоберилл	$\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
Гидраты	{ диаспор $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ бемит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ танатарит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ кайзерит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ боксит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ гидраргиллит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ шаньявскит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Фторангидрид — топаз	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$
Комплексный ангидрид	{ андалузит Al_2SiO_5 силлиманит Al_2SiO_5 листен Al_2SiO_5 муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ диумортьерит $8\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Кислоты комплексного ангидрида	{ каолин $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ галлуазит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ пирофиллит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ монтмориллонит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ термьерит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ аллофан $\text{Al}_2\text{SiO}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ бейделлит $\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_9 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Алюмосиликаты ¹	{ анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ лейцит $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ортотлаз $\text{K}_6\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ альбит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$

Из группы хлоритоида следует отметить богатый Al:

Маргарит $\text{H}_2\text{CaAl}_4\text{Si}_2\text{O}_{12}$

Богатые алюминием алюмосиликаты:

Ставролит $\text{H}_2(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Al}_{10}\text{Si}_4\text{O}_{26}$

Сапфирин $\text{Mg}_5\text{Al}_{12}\text{Si}_2\text{O}_{27}$

Фосфаты:

Вавеллит $4\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Бирюза $\text{CuO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Сульфаты:

Калинит — калиевые квасцы $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Мендоцит — натровые квасцы $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Чермигит — аммониевые квасцы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Алуноген $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Алумианит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3$

Алунит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2(\text{OH})_6$

Левигит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Органическое соединение алюминия

Меллит $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

¹ Продукты присоединения к алюмосиликатам см. слюды и хлориты стр. 218—225.

В магматических породах в пегматитах и пневматолитах образуются следующие из вышеперечисленных минералов: криолит, хиолит, корунд, шпинель, герцинит, ганит, хризоберилл, топаз, андалузит, силлиманит, дистен, муллит, дюмортьерит, анортит, лейцит, ортоклаз, альбит, мусковит, биотит.

В гидротермальных жилах образуются: диаспор, адуляр, альбит, мусковит, каолин, пирофиллит, алунит, андалузит, дюмортьерит, монтмориллонит, аллофан, вавеллит, бирюза.

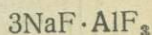
В связи с поствулканическими процессами образуются цеолиты. В области метаморфических сланцев происходит образование гранатов, слюд, хлоритов, хлоритондов, ставролита, сапфирина, эпидота.

В коре выветривания образуются минералы группы каолина, гидраты и сульфаты алюминия.

Главная масса алюминия сосредоточена в кислых и средних изверженных породах (гранитах, гранодиоритах, диоритах, сиенитах) в виде алюмосиликатов; в верхних эпитемах и в коре выветривания алюмосиликаты переходят в сульфаты, гидраты и в минералы группы глин. Три последних типа алюминиевых соединений являются главными рудами на алюминий и его соединения.

Здесь будут рассмотрены: криолит, корунд, шпинель, диаспор, гидрагиллит, боксит, каолин, пирофиллит и алунит.

18. Криолит



Х. с. — фтористый алюминат натрия; Al — 12,8%; Na — 32,8%; Na — 54,4%.

К. с. — моноклиная.

О. ф. — кристаллы (кубического габитуса) редки; обычно пластинчатые и плотные агрегаты и спайные осколки пластинчатых форм.

Сп. — совершенная по базопинакоиду, менее совершенная по призме и ортодоме.

Цв. — бесцветный, снежно-белый, красноватый, кирпично-красный и даже черный.

Бл. — стеклянный, иногда жирный.

О. с. — около 560° переходит в кубическую разность.

Тв. — 2,5.

Уд. в. — 3.

Исп. — перед паяльной трубкой легко сплавляется в светлый шарик, непрозрачный после охлаждения; окрашивает пламя в желтый цвет; при нагревании в серной кислоте растворяется с выделением фтористого водорода; растворим в 2730 частях воды. Отличается низким показателем преломления.

$Nm = 1,338$ (Na); $Ng - Np = 0,0011$ (Na).

Помещенный в воду минерал делается почти незаметным благодаря близости показателей преломления криолита и воды.

Ген. — пневматогидатогенный.

Гл. м. — В пегматитовых жилах Ивигтута (в западной Гренландии), в ассоциации с галенитом, сфалеритом, флюоритом и др. В СССР в топазовой копи Ильменских гор имеется выработанное с поверхности

месторождение криолита в сопровождении хлолита, топаза, фенакита, плавикового шпата, кварца, ильменорутила и амазонита.

Прим. — употребляется для криолитовых ванн в алюминиевом производстве и в стекольном деле.

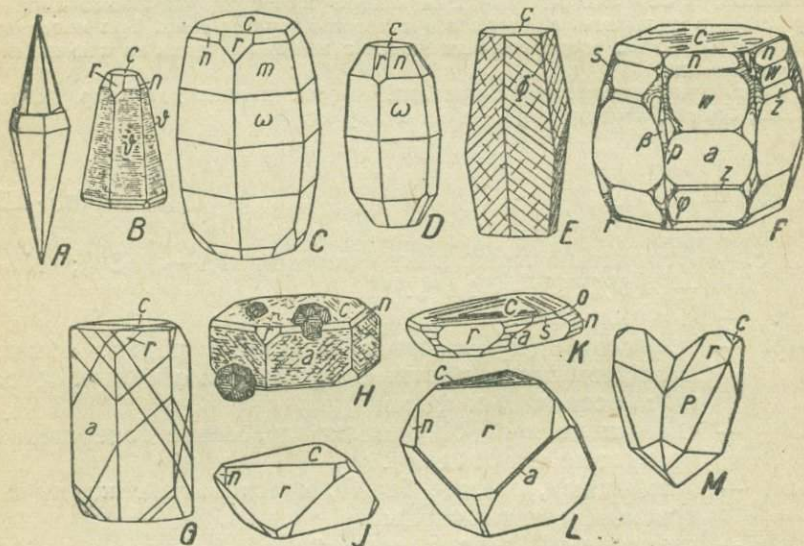
Э. н. м. — греч. — ледяной камень, так как при опускании его в воду он имеет сходство со льдом.

19. Корунд



Х. с. — окись алюминия; Al — 52,9%, O — 47,1%.

К. с. — гексагональная.



Фиг. 57. Кристаллические формы корунда.

с (0001) = (111), а (11 $\bar{2}$ 0) = (10 $\bar{1}$), р (50 $\bar{5}$ 1) = (11 · 4 · 4), в (7072) = (16 · 5 · 5),
 r (10 $\bar{1}$ 1) = (100), s (0221) = (11 $\bar{1}$), ω (14 · 14 · 28 · 3) = (15 · 1 · 13), φ (8 · 8 · 16 · 3) =
 = (917), m = z (22 $\bar{4}$ 1) = (715), P (5 · 5 · 10 · 4) = (19 · 4 · 11), w (11 $\bar{2}$ 1) = (412),
 n (2243) = (311), o (22 $\bar{4}$ 5) = (11 · 5 · 1), φ (2131) = (201), Ф (2351) = (827).
 Месторождения: А, В — Верхняя Луара, G — Ильменские горы, D, F — Цейлон,
 G — Финляндия, H — Северная Каролина, J, L — Бирма, K — Лаахерское озеро,
 M — двойник из Цейлона.

О. ф. — боченко- и веретеновидные кристаллы представляют комбинации призмы с ромбоэдром или гексагональными бипирамидами (фиг. 57); встречаются также зернистые и плотные массы. Корунд характеризуется двойниками по ромбоэдру.

Сп. — настоящей спайности у корунда нет; наблюдается раздельность по двойниковым плоскостям. В направлении раздельности наблюдается штриховка.

Цв. — по цвету корунда различаются следующие разновидности:

лейкосапфир или восточный алмаз — бесцветный и прозрачный,
 сапфир — синий, прозрачный,
 рубин — красный, прозрачный,
 восточный изумруд — зеленый, прозрачный,
 восточный топаз — желтый, прозрачный,
 восточный аметист — фиолетовый, прозрачный,
 обыкновенный корунд — разных цветов, непрозрачный.

Мелкокристаллические массы корунда, а также природные смеси его с другими минералами — гематитом, магнетитом, пиритом, хлоритом, полевым шпатом и др. называются наждаками.

Бл. — стеклянный, у некоторых разновидностей на гранях пинакоида — перламутровый; у других разновидностей, особенно у сапфиров, на отшлифованной овальной поверхности наблюдается астеризм, световой звездчатый отлив.

Тв. — 9.

Уд. в. — 3,5—3,6.

Исп. — В пламени паяльной трубки корунд не плавится; температура его плавления 2050°; расплавляется в буре.

Для определения соотношения между содержанием алюминия в корунде и в содержащей его алюмосиликатной породе последнюю сплавляют в бикарбонате щелочей; алюминий корунда при этом не сплавляется. После растворения сплава определяют алюминий минералов породы. Другую навеску породы сплавляют в буре; при этом растворяется весь алюминий и корунда и алюмосиликатов; из общего количества алюминия, определенного во второй навеске, вычитают полученный ранее алюминий алюмосиликата. Разность отвечает алюминию корунда.

Корунд можно перевести в раствор и после сплавления с кислым серноокислым калием.

Корунд оптически одноосен, отрицателен; часто обнаруживает оптические аномалии.

Бесцветный	Синий сапфир	Красный рубин
$N_o = 1,768 - 1,7695$	1,7687	1,7671—1,7717
$N_e = 1,7599 - 1,7613$	1,7605	1,7594—1,7632
$N_o - N_e = 0,0082$	0,0082	0,0077—0,0085

Прокаленный гидрат алюминия, т. е. Al_2O_3 , имеет показатель преломления 1,68.

У сильно окрашенных разновидностей корунда наблюдается резкий плеохроизм (в одном цвете).

Ген. — магматический — выделение из магм, пересыщенных глиноземом; горные породы кыштымит, соймонит — состоят из корунда и полевого шпата; в особых

типах пегматитовых жил (десилифицированных); на контактах магмы с известняками и доломитами (месторождения рубина и сапфира). При гидротермальных процессах иногда происходит образование алунино-диаспоро-корундо-каолино-пирофиллитовых пород, например в порфиротуфовых толщах, в Сайлыкском Акташе около Ташкента.

При региональном и контактовом метаморфизме в восстановительной среде происходит изменение алунинов до корундов с восстановлением сульфата до сероводорода; в этих же условиях корунд образуется при дегидратации бокситов и диаспора.

В зависимости от генезиса получается тот или иной парагенезис корунда. С ним встречаются: рутил, маргарит, магнетит, диаспор, пирит, разные слюды, шпинель; в эпитермальном типе — пирофиллит (агальматолит), каолин, диаспор, дюмуртьерит, кварц вторичный.

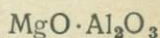
Прим. — абразив, сверхогнеупор, драгоценный камень первого класса. Ввиду высокой твердости употребляется на подпятники точных механизмов, в том числе часов, так же как волоочильный камень.

В настоящее время корунд (сапфир и рубин) готовится синтетически.

Гл. м. — крупное контактно-пневматолитическое месторождение — гора Семиз-Бугу в Павлоградской области Казахской ССР; штоки и линзы массивного корунда с андалузитом, мусковитом, рутилом — среди вторичных кварцитов. Чайнытское месторождение массивного корунда в Якутской АССР. Прииртяшская группа месторождений корундо-хлоритоидных наждаков в Кыштымском районе Челябинской области; дер. Колташи (Свердловская область) — драгоценные разновидности рубина и сапфира. За границей: россыпи драгоценного рубина в Бурме (Могок); сапфира — Сиам, Цейлон; наждаков — о. Наксос (Греция), г. Смирна (Турция) и др.

Э. н. м. — корунд, древнеиндийское название этого минерала.

20. Шпинель



Х. с. — алюминат магния; Al_2O_3 — 71,8%; MgO — 28,2% и изоморфные примеси железа, хрома, цинка.

К. с. — кубическая.

О. ф. — вся группа шпинели, т. е. алюминаты, ферраты и хроматы, кристаллизуется в форме октаэдров. Двойники по октаэдру.

Сп. — по октаэдру.

Цв. — в зависимости от состава:

красный — рубиновая или благородная шпинель (рубин-балэ), черный или черно-зеленый — цейлонит или плеонаст $(Mg, Fe)O \cdot (Al, Fe)_2O_3$.

Тв. — 8.

Уд. в. — 3,5—3,6.

Исп. — не плавится в пламени паяльной трубки. Температура плавления 2135° ;

изотропна, $N=1,72$ до $2,05$ (пикотит);

при сплавлении с кислым сернокислым калием сполна разлагается; после прокаливания реакция с $Co(NO_3)_2$ на алюминий; кислоты не действуют.

Ген. — образуется чаще всего на контактах изверженных пород и доломитизированных известняков и в десицифицированных пегматитах (при избытке глинозема и магнезии); выделяется также в виде зерен непосредственно из основных (плеонаст) и кислых магм.

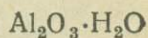
Иногда в смеси с другими минералами (магнетитом, ильменитом, корундом) образует мелкозернистые массы шпинелевых наждаков.

Прим. — прозрачные разности употребляются в качестве драгоценного камня; сплошные скопления могут служить сверхогнеупором. Шпинелевые наждаки — хороший абразивный материал.

Гл. м. — Урал — в Шишимских горах, в Качкарском районе (плеонаст). Драгоценная шпинель — Шугнан в Горно-Бадахшанской авт. обл. За границей — Бурма, Сиам, Цейлон.

Э. н. м. — неизвестное.

21. Диаспор



Х. с. — гидрат окиси алюминия; Al_2O_3 —85,0%, H_2O —15,0%.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — плоские ромбические призмы, листоватые и плотные массы (фиг. 58).

Сп. — совершенная.

Цв. — бурый, розоватый, желтоватый, светлосерый, белый.

Бл. — стеклянный или перламутровый.

Тв. — 6,5—7.

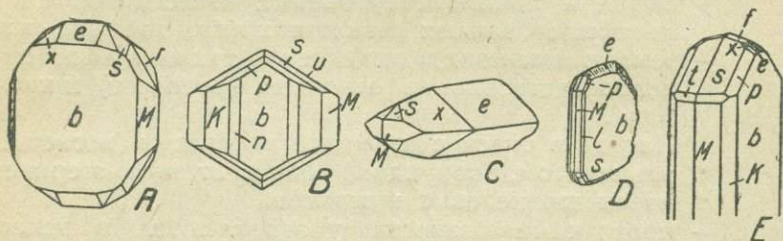
Уд. в. — 3,3—3,5.

Исп. — при прокаливании рассыпается. Не растворим в кислотах, но после прокаливания растворяется в H_2SO_4 . Растворим в горячем $NaOH$; из раствора после охлаждения выпадает гидрагиллит ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), дает отчетливую реакцию на алюминий и воду.

Плоскость оптических осей (010).

$+2V=84^\circ$, $Ng=1,750$, $Nm=1,722$, $Np=1,702$, $Ng-Np=0,048$.

Ген. — образуется в эпитеpmальных жилах и при гидратации корундовых пород в парагенезисе с маргаритом. В зонах разлома, в порфировых и туфовых породах действие горячих водяных паров при низком давлении и относительно невысокой температуре, в присутствии углекислоты, борной кислоты и сероводорода приводит к разложению полевошпатовых пород, с выносом щелочей и железа и с образованием диаспора, корунда, каолина, пирофиллита и а унита. Диаспор выделяет кристаллизационную воду при 509—555°, превращаясь в безводную окись алюминия Al_2O_3 .



Фиг. 58. Кристаллические формы диаспора.

\wedge (010), e (011), f (012), u (101), M (210), K (230), l (120), n (150), t (211), p (111), x (133), s (212), r (10 · 1 · 4). Месторождения: А — Урал; В — Грейнер; С, D — Честер; E — Камполунго.

При нагревании водного раствора $AlCl_3$ при 350—500° получается диаспор, при более низких температурах — гидраргиллит, а при более высоких — корунд.

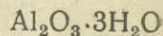
Диаспор получен также при низкой температуре, путем диффузии растворов алюминатов и хлоридов через пергаментную перепонку. Диаспор входит в состав бокситов многих месторождений.

Прим. — руда на алюминий.

Гл. м. — Казахстан — Акташ (Сайлыкский район — самое крупное месторождение диаспора). Косой Брод (Челябинская обл.) и др.

Э. н. м. — греч. диаспора — рассыпание (минерал растрескивается и рассыпается при накаливании).

22. Гидраргиллит

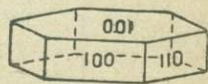


Гиббсит (джиббсит)

Х. с. — многоводный гидрат окиси алюминия; Al_2O_3 — 65,4%, H_2O — 34,6%.

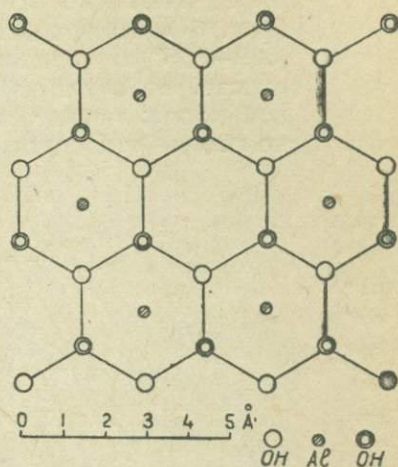
К. с. — моноклинная (фиг. 59 и 60).

О. ф. — табличатые, тонкопластинчатые слюдоподобные образования (листочки не гибки). Тонковолокнистые, натечные, сталактитовые формы.



Фиг. 59. Кристалл гидраргиллита.

- Сп. — совершенная по пинакоиду.
 Цв. — белый, сероватый, зеленоватый, или красноватый.
 Бл. — стеклянный, перламутровый.
 Тв. — 2,5—3,5.
 Уд. в. — 2,3—2,4.
 Исп. — теряет воду при 202—296°; растворим в горячей NaOH и в H₂SO₄, из которой выпадает после охлаждения. Получается отчетливая реакция на алюминий и воду. Плоскость оптических осей перпендикулярна к (010), угол оптических осей изменяется от температуры. $N_g = 1,589—1,576$, $N_p = 1,567—1,557$, $N_g - N_p = 0,019—0,222$.



Фиг. 60. Структура гидраргиллита.

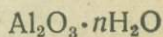
- Ген. — образуется главным образом в коре выветривания и как продукт распада алюмосиликатов; является главной составной частью многих бокситов и латеритов.

Прим. — алюминиевая руда.

Гл. м. — Урал — в Шишимских горах — Кампанейский рудник (Челябинская обл.).

Э. н. м. — гиббсит или джиббсит в честь Джиббса. Гидраргиллит — от греч. гидор — вода и аргиллос — глина.

23. Боксит

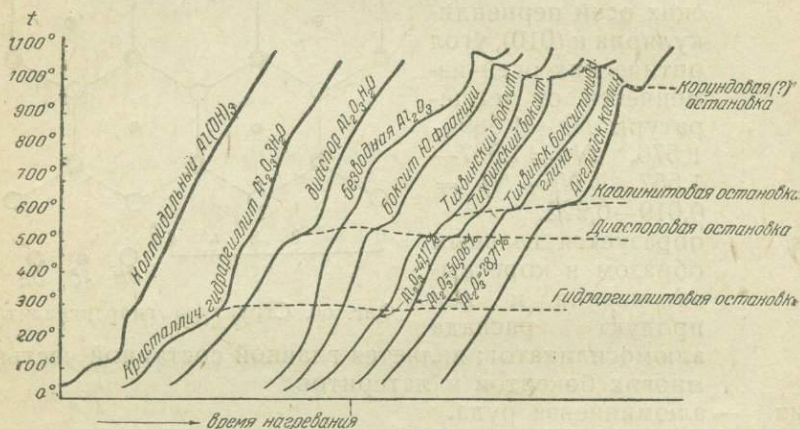


Х. с. — главная роль в составе этого минерала (правильнее породы) принадлежит диаспору, бёмиту¹, гидраргиллиту (частью в коллоидальной форме); кроме того, в составе боксита имеются также частью коллоидальные — гидраты окиси железа, марганца, примеси извести, магнезии, кремнекислоты, глинистых веществ. Сложность состава бокситов приводит к подразделению их на типы: гидраргиллитовый, диаспоровый, бёмитовый, смешанный, железистый, кремнистый, глинистый.

О. ф. — оолитовые, плотные и рыхлые глиноподобные скопления разного внешнего вида, от белых рыхлых до красных железистых, яшмоподобных образований.

¹ Полиморфная разность $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, близкая к диаспору.

- Цв. — преимущественно красноватый, но встречаются разности белые, серые, желтые, бурые.
- Тв. — разная — от 1 до 3 в зависимости от примесей.
- Уд. в. — 2,3—3,5.
- Исп. — в зависимости от минералогического состава (см. выше диаспор и гидраргиллит). Обычно боксит определяют по кривым нагревания; при этом (фиг. 61) наблюдается или диаспоровая остановка (509—555°) или гидраргиллитовая (202—296°), или обе вместе. Боксит обычно не образует с водой пластичной массы; многие бокситы растрескиваются в воде, но это не относится к яшмовидным разностям.



Фиг. 61. Кривые нагревания бокситов и их возможных отдельных компонентов (по Курнакову, Уразову и Волину).

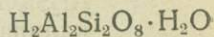
Ген. — природные процессы, приводящие к образованию бокситов, разнообразны; многие из них не вполне выяснены. Повидимому, наиболее распространенным способом образования бокситов является щелочное выветривание алюмосодержащих горных пород (базальтов, мелафиров и др.) в условиях теплого и влажного климата (латеритный тип). Из других, более гипотетических типов образования нужно отметить выветривание нечистых известняков в умеренном климате при гидrolитическом воздействии поверхностных вод, с образованием остаточного водного глинозема и кремнекислоты (*Terra rossa*). Теоретически допускаются и некоторые другие способы накопления свободных гидратов глинозема (жизнедеятельность организмов, гидротермальные процессы и др.).

Прим. — основная руда алюминия; сырье для производства синтетического корунда (алундума).

Гл. м. — Свердловская обл., ряд крупных месторождений: в Надеждинском районе (девонские бокситы „Красной Шапочки“), также в Каменском, Режевском, Алапаевском районе (мезозойские бокситы); Ленинградская обл. — каменноугольные бокситы Тихвинского района (латеритного типа); Таджикистан (Ура-тюбинский район) и др.

Э. н. м. — по департаменту Бо (Ваух) во Франции, где впервые в Европе был изучен этот минерал; латерит — название предложено индийскими геологами, от латинского слова латер. — кирпич, так как бокситы Индии кирпично-красного цвета.

24. Каолин

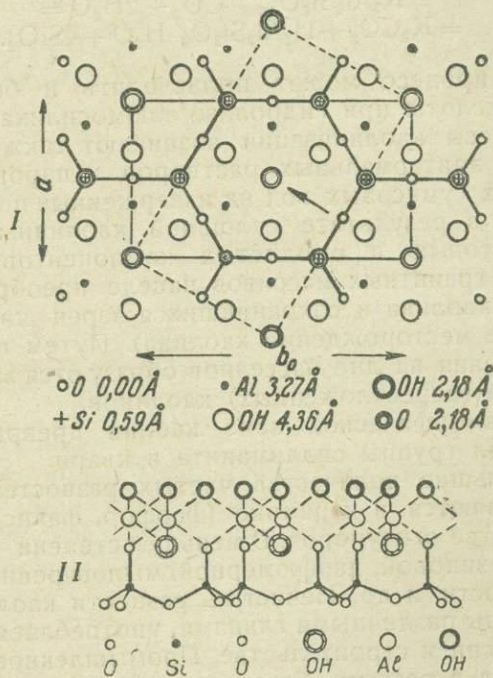


Каолинит

Х. с. — алюмокремневая кислота; Al_2O_3 — 39,5%; SiO_2 — 46,5%, H_2O — 14,0%.

К. с. — моноклинная.

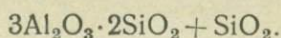
О. ф. — кристаллы — чешуйки (накрит) псевдогексагонального



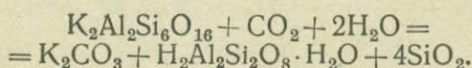
Фиг. 62. Структура каолинита.

габитуса, что объясняется их псевдогексагональной структурой (фиг. 62, I и II). Большую часть в сплошных, микрокристаллических, субкристаллических, коллоидных, глиноподобных массах, мучнисто-рыхлых или плотных (каменный мозг).

- Цв. — белый, желтоватый, серый, буроватый, красноватый.
 Тв. — 1–2,5.
 Уд. в. — 2,6.
 Исп. — не плавок, в трубочке при нагревании выделяет воду, дает реакцию на алюминий; HCl и HNO₃ почти не действуют, H₂SO₄ при нагревании разлагает. С водой образует пластичную массу; после высыхания эта масса твердеет, давая „усадку“. При медленном нагревании от 100 до 400° каолинит теряет воду, при 400° превращается в гидратный лёверрьерит; при температуре от 400 до 600° этот минерал обезвоживается и превращается в собственно лёверрьерит Al₂Si₂O₇, устойчивый до 1000°; при дальнейшем прокаливании образуется муллит:



- Ген. — поверхностное выветривание алюмосиликатов, главным образом полевых шпатов, как например,



Этот процесс может происходить и без участия углекислоты при гидролизе алюмосиликатов. Процессы каолинизации возникают также при действии эпитегральных растворов и паров, а также кислых гумусовых вод на изверженные породы. Нередко в результате сплошной каолинизации полевошпатовых и слюдистых компонентов крупные части гранитных массивов нацело преобразуются в смесь каолина и сохранившихся зерен кварца (первичные месторождения каолина). Путем переноса и отложения на дне бассейнов образуются залежи вторичных (переотложенных) каолинов.

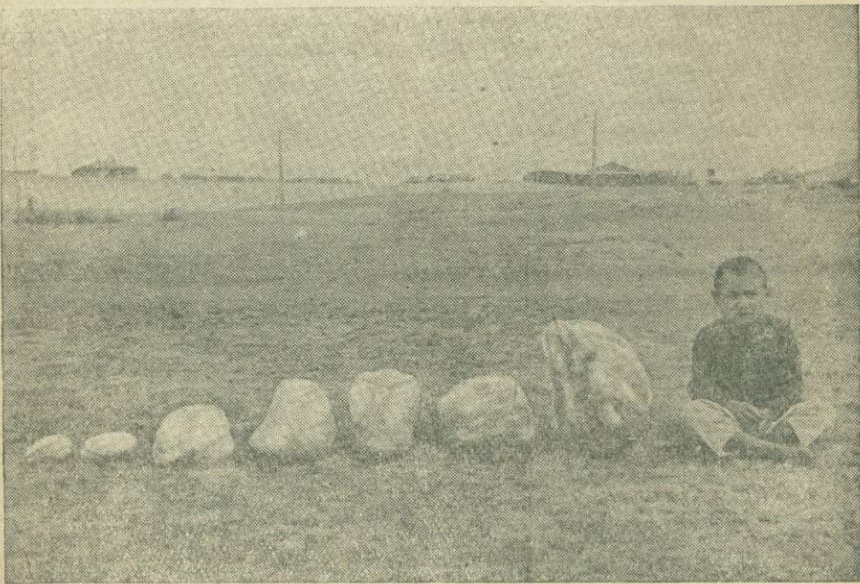
В метаморфической зоне каолин превращается в минерал группы силлиманита и кварц.

- Прим. — наибольшие количества чистых разновидностей каолина применяются в керамике (фарфор, фаянс) и в производстве огнеупоров. В меньшей степени — в бумажной, резиновой, парфюмерной, мыловаренной промышленности и др. Нечистые разновидности каолина представлены различными глинами, употребляемыми в металлургии и строительстве. Промышленное значение каолина в разных областях огромно.

- Гл. м. — УССР — Глуховцы, Турбов, Белая Балка и др. (первичные каолины); Пологи (вторичный каолин); Урал, Еленинское месторождение (первичный каолин). „Колыб-таш“ (плотный каолин) — близ станицы Карачекавской в Алма-Атинском районе (Казахстан). Глины Донбасс — Часов-Яр; Воронежская обл. — Лат-



Фиг. 1. Река Чусовая в районе Журавлинского месторождения каолина и алунита.

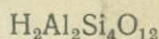


Фиг. 2. Караван (стяжения) ярозита из верхних горизонтов Майкаинского рудника, центральный Казахстан.

нинское, Ленинградская обл.—Боровичи, и др. Месторождения каолина имеются во многих странах.

Э. н. м. — каолинг — высокий гребень, китайское слово, назван по холму близ Юахуа-Фу, где добывали этот минерал для фарфорового производства.

25. Пирофиллит



Х. с. — алюмокремневая кислота; Al_2O_3 —28,3%; SiO_2 —66,7%; H_2O —5,0%. Часто содержит значительное количество MgO , FeO , Fe_2O_3 .

К. с. — моноклинная — ромбическая (?).

О. ф. — лучисто-листоватый, сплошной, плотный, очень похож на тальк, стеатит и плотный каолин.

С. п. — совершенная.

Цв. — белый, яблочно-зеленый, серый, розоватый.

Бл. — перламутровый или тусклый.

Тв. — 1, для плотных разностей более 2.

Уд. в. — 2,8—2,9.

Исп. — при прокаливании крупнокристаллические разности расщепляются, превращаясь в снежно-белую неплавкую массу; плотные разности только белеют и усадки не дают. Частично разлагается в HCl , причем получается реакция на Al и воду.

— $2V = 50$ — 60° ; $Ng - Np = 0,048$ (у каолина 0,006).

Ген. — гидротермальные изменения, в зонах разломов, вулканических туфов, содержащих полевошпатовые минералы; образование в термальных жилах; также в метаморфической зоне с образованием пирофиллитовых сланцев. Нередки совместные скопления с тальком.

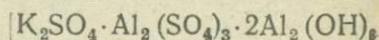
Разн. — агальматолит или образный камень; ранее китайцы изготовляли из него изображения Будды.

Прим. — высокий огнеупор, не дающий усадки. Агальматолит — поделочный камень.

Гл. м. — В Курбинском районе (БМАССР) (агальматолит); на Урале; Збранка; УССР. Из иностранных следует отметить крупные месторождения в Китае.

Э. н. м. — Греч. слово пир — огонь и фюллен — лист от способности расщепляться на листочки при прокаливании.

26. Алуни́т



Х. с. — Al_2O_3 —37,0%; K_2O —11,4%; SO_3 —38,6%; H_2O —13,0%.

К. о. — гексагональная — тригональная (см. структуру алуни-та, фиг. 63).

О. ф. — тупые ромбоэдры. Обычно — каменистые, зернистые, порошковатые или плотные глиноподобные массы.

Цв. — белый, серый, красноватый.

Бл. — у кристаллических разностей стеклянны́й.

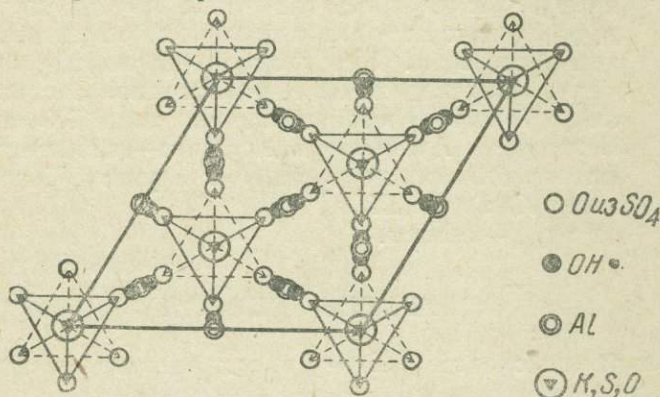
Тн. — 3,5—4.

Уд. в. — 2,58—2,72.

Исп. — Дает с содой на угле серную печень; в закрытой трубке выделяет воду; после прокаливания с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ дает голубую окраску. Растворим в щелочах и в серной кислоте.

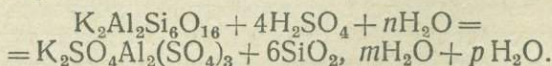
$Ng = 1,592$, $Np = 1,572$, $Ng - Np = 0,020$.

Ген. — образуется при некоторых поствулканических процессах (изменение эффузивов сернистыми газами и водами — квасцовые породы), также выделяется из эпитермальных вод — жилы или алунитизированные зоны. При окислении сульфидных руд (главным образом серного колчедана) с последующей алуни-



Фиг. 63. Структура алунита и ярозита. На тройных осях располагаются друг над другом атомы калия, серы и кислорода (проекция вдоль тройной оси ромбоэдра на горизонтальную плоскость).

тизацией глин, полевых шпатов и др.; то же при окислении самородной серы („квасцовая шляпа“). В зависимости от типа месторождений образуются те или иные парагенетические минералы. Во всех без исключения типах отмечается выделение кремнезема в виде кварца, халцедона или опала. Это объясняют действием серной кислоты на силикаты, например:



Разлагая мергели и глины, серная кислота также выделяет из них кремнезем, который образует иногда своеобразную кремневую породу сиштофит, состоящую из опала, халцедона и кварца.

При эпитермальных процессах вместе с образованием алунита идет образование диаспоровых, каолиновых и пиррофиллитовых пород.

В зоне выветривания алунит является сравнительно устойчивым минералом; однако он поглощает воду и переходит в водные квасцовые минералы. В области метаморфизма алунит переходит при полной метаморфизации в корунд Al_2O_3 , при неполной — в диаспор $Al_2O_3 \cdot H_2O$ с выделением — в восстановительной среде — сероводорода (H_2S).

Прим. — служит для получения квасцов и металлического алюминия.

Гл. м. — Заглик (Азербайджанская ССР), мощная (4—8 м) толща квасцового камня — продукт метасоматической переработки сернистыми эманациями и термами туфогенных пород. Журавлинское месторождение (Пермская обл.), глиноподобные массы алунита в осадочных породах с каолином, бокситом, ярозитом (см. табл. III). Китай — (Фанскан и Тайзу), крупное месторождение, аналогичное Заглику; Италия (Тольфа), месторождение типа Журавлинки. Банадукс у Альмерии в Испании — галафатит (калафатит), близкий по составу к алуниту, Марисвальское (Юта) в США.

Э. н. м. — от алун — квасцы.

МИНЕРАЛЫ КРЕМНИЯ

Кремний или силиций (Si) — четырехвалентный элемент четвертой группы.

Атомный вес 28,06, порядковый номер 14, изотопы 28, 29, 30.

Радиус атома 1,17 Å, радиус иона + 0,39 Å. Кларк 26,00.

Удельный вес 2,34, твердость 7.

Плавится около 1420°.

В свободном виде может быть получен только искусственно прокаливанием песка с магнием (аморфный кремний). По растворении в расплавленном цинке и охлаждении выделяется в виде черных кристаллов.

Соединения кремния были известны в глубокой древности. Кремень (SiO_2) был одним из первых минералов, использованных первобытным человеком.

В 1822 г. Берцелиус впервые получил элементарный кремний. В земной коре, где роль его исключительно велика, кремний присутствует, за самыми редкими исключениями, в виде своего окисла (SiO_2) и его многочисленных производных — простых и сложных силикатов.

Все остальные соединения кремния, упоминаемые в литературе (силициды, силаны, азотные, борные, сернистые соединения кремния и др.) или сомнительны, или непрочны. Исключением являются галоидные соединения кремния: SiF_4 — газ, $SiCl_4$, $SiBr_4$ — жидкости, SiI_4 — твердое тело в нормальных условиях.

В химии земной коры большую роль играет кремнефтористоводородная кислота, H_2SiF_6 ; также хлористые соединения.

В сложных процессах магматической дифференциации кремний мигрирует, нередко в виде необычайно летучих галоидных соединений. Но в подавляющем большинстве все эти галоидные соединения кремния в плутонических и вулканических процессах очень быстро переходят в окисленные (кварц и силикаты), иногда содержащие оксифтористую изоморфную примесь, как, например, топаз $[Al_2(F, OH)_2SiO_4]$.

Окисел кремния является ангидридом кремневых кислот, и многие силикаты можно рассматривать, как его простые соли. В минералогии долгое время существовало воззрение на силикаты, как на соли многочисленных кремневых кислот — частью реальных, главным же образом гипотетических (Вюртц, Г. Чермак и др.), с помощью которых пытались (с большими натяжками) объяснить природу сложных силикатов. На рубеже XX в., благодаря исследованиям главным образом В. И. Вернадского, в науку вошло представление о строении большинства силикатов — по преимуществу — как солей комплексного алюмокремневого ангидрида.

Согласно В. И. Вернадскому, кремнезем (SiO_2) с катионами дает простые силикаты — соли, состоящие из трех элементов: металла (катиона), кремния и кислорода. Но с металлоидами, а также с некоторыми металлами, обнаруживающими кислотные свойства (Al, Fe и некоторые другие, им изоморфные), кремнезем образует не соли, а сложные ангидриды, например Al_2SiO_5 , существующий в природе в виде полиморфной триады — силлиманит, дистен, андалузит. Химические свойства сложных ангидридов резко отличны от простых кремнекислых солей.

Солями и гидратами сложных ангидридов являются соединения, построенные в основном из четырех элементов: 1) катион (металл или водород с положительным зарядом), 2) анион (металлоид или металл с отрицательным зарядом), 3) кремний, 4) кислород. Состав этого ядра может быть сильно усложнен явлениями изоморфного замещения: кремний может быть замещен титаном, цирконием, церием; алюминий — железом, хромом, ванадием, марганцем и др. Все это приводит к необычайным усложнениям состава силикатов, действительно наблюдаемым в природе.

Алюмосиликаты и ферросиликаты слагают около 70% весового состава земной коры.

Рассмотрим силикаты с химической стороны. В коре выветривания кремневые кислоты являются слабыми кислотами. Щелочные соли кремневых кислот растворяются в воде. Некоторые силикаты разлагаются кислотами. Плавиковая кислота разлагает все силикаты и алюмосиликаты. На основании этого Бильц предложил качественное определение кремнезема, которое заключается в следующем: в маленький тигель из платины или свинца с продырявленной крышечкой насыпают измельчен-

ный силикат или алюмосиликат и приливают плавиковую кислоту; продырявленную крышечку тигля покрывают мокрой черной фильтровальной бумагой; выделившаяся кремнефтористая кислота разлагается водой с выделением белой гидроокиси кремния.

Силикаты и алюмосиликаты сплавляются с содой или поташем или их двойной солью с образованием соответствующего карбоната и кремнекислых щелочей, растворимых в воде. При подкислении раствора из него выпадает кремнезем; однако, последний часто образует с водой устойчивый псевдораствор — золь. Кремневые кислоты обладают большой способностью к образованию коллоидных псевдорастворов. Соли бария и кальция и сульфат алюминия способствуют коагулированию и осаждению геля кремнезема. В. И. Вернадский, соответственно своим взглядам на природу силикатов, выделил следующие типы кремневых соединений:

Ортосиликаты — соли ортокремневой кислоты \ddot{R}_2SiO_4 , например форстерит Mg_2SiO_4 .

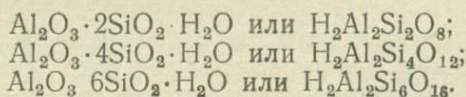
Продукты присоединения к ортосиликатам $\ddot{R}_2SiO_4 \cdot qA^1$, например серпентин $Mg_3SiO_4 \cdot MgSiO_3 \cdot 2H_2O$.

Метасиликаты $\ddot{R}SiO_3$, например волластонит $CaSiO_3$. Метасиликаты делятся на две группы: пироксенов или авгитов и амфиболов или роговых обманок.

Продукты присоединения к метасиликатам, например апофиллит — $n H_2CaSi_2O_6 \cdot A \cdot m Aq$.

Комплексные ангидриды $p RO_2 \cdot q SiO_2$ или $p R_2O_3 \cdot q SiO_2$ например силлиманит Al_2SiO_5 .

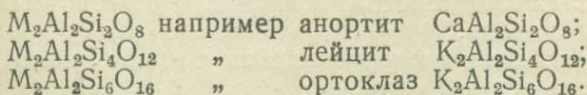
Алюмокремневые гидраты каолинового строения, например



Алюмокремневые гидраты, не имеющие каолинового строения, типов: $Al_2O_3 \cdot SiO_2$; $2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$; $3SiO_2$ и др.

Алюмокремневые галоидангидриды, например топаз $Al_2SiO_4(F, OH)_2$.

Алюмосиликаты следующих типов:



Продукты присоединения к этим алюмосиликатам, например гранат — гроссуляр $CaAl_2Si_2O_8 \cdot Ca_2SiO_4$.

Производные $Al_2Si_2O_7$ и $Al_2Si_3O_9$ группа хлорита.

Производные $Al_2SiO_5-n(OH)_{2n}$ группа хлоритоида.

¹ Буквой А могут обозначаться различные соединения: вода, окислы, сульфиды, фториды металлов, силикаты, алюмосиликаты. Они играют подчиненную роль, не изменяя характера основного ядра; $q = 1$ или 2 .

Минералы кремния

Муассанит SiC, природный карборунд, найден в метеоритах.
Сернистых соединений не имеется.

Галоидные соединения

Пройдонит	SiF ₄ (раз)
Гиератит	SiF ₄ ·2KF
Маллардит ¹	SiF ₄ ·2NaF
Криптогалит	SiF ₄ ·2NH ₄ F

Простые окислы

Кварц	<i>a</i> и <i>β</i> SiO ₂
Тридимит	SiO ₂
Кристобалит	SiO ₂
Лешательерит	SiO ₂
Халцедон	SiO ₂
Опал	<i>p</i> SiO ₂ · <i>q</i> H ₂ O

Ортосиликаты

Форстерит	Mg ₂ SiO ₄
Оливин	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄
Фаялит	Fe ₂ SiO ₄
Монтичеллит	CaMgSiO ₄
Тефроит	Mn ₂ SiO ₄
Фенакит	Be ₂ SiO ₄
Виллемит	Zn ₂ SiO ₄

Продукты присоединения к ортосиликатам.

Серпентин	Mg ₃ SiO ₄ ·MgSiO ₃ ·2H ₂ O
Хондродит	<i>p</i> Mg ₂ SiO ₄ ·2H ₂ SiO ₄ ·H ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂ ·4H ₂ O
Пальгорскит	<i>p</i> Mg ₂ SiO ₄ ·2H ₄ SiO ₄ ·H ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂ ·4H ₂ O
Мелилит	<i>p</i> Ca ₂ SiO ₄ · <i>q</i> CaAl ₂ Si ₂ O ₈
Геленит	Ca ₂ SiO ₄ ·CaAl ₂ SiO ₆
Нумеит	<i>n</i> Ni ₂ SiO ₄ · <i>q</i> H ₄ SiO ₄ H ₂ O
Хризоколла	CuH ₂ SiO ₄ ·H ₂ O
Каламин	Zn ₂ SiO ₄ ·H ₂ O

Метасиликаты

Группа пироксена

Энстатит	MgSiO ₃
Бронзит	(Mg, Fe)SiO ₃
Гиперстен	(Fe, Mg)SiO ₃
Волластонит	CaSiO ₃
Диопсид	CaMgSi ₂ O ₆ ·CaFeSi ₂ O ₆
Авгит	(Ca, Mg, Fe)SiO ₃ · <i>p</i> A
Родонит	MnSiO ₃

Группа амфибола

Антофиллит	(Mg, Fe) SiO ₃
Жедрит	(Fe, Mg)SiO ₃
Тремолит	Ca(Mg, Fe)Si ₂ O ₆
Актинолит	Ca(Fe, Mg)Si ₂ O ₆
Роговая обманка	<i>p</i> (Mg, Fe, Ca)SiO ₃ + <i>q</i> (Mg, Fe)(Al, Fe) ₂ SiO ₆
Арфведсонит	[3FeSiO ₃ ·CaSiO ₃ ·Na ₂ SiO ₃]· <i>m</i> (Fe, Mg)(Al, Fe) ₂ SiO ₆
Рибекит	<i>n</i> [CaSiO ₃ ·3(Fe, Mg)SiO ₃]· <i>m</i> Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂
Глаукофан	<i>m</i> [CaSiO ₃ ·3(Fe, Mg)SiO ₃]· <i>n</i> Na ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂
Энигматит	Fe(Si, Ti)O ₃ · <i>m</i> Na ₂ (Al, Fe) ₂ SiO ₄

¹ Не смешивать с маллардитом (MnSO₄·7H₂O).

Кислый метасиликат

Тальк $4\text{MgSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SiO}_3$

Продукты присоединения к метасиликатам

Апофиллит $n\text{H}_2\text{CaSi}_2\text{O}_8 \cdot \text{A} \cdot n\text{Aq}$

Комплексные ангидриды

Силлиманит Al_2SiO_5

Дистен Al_2SiO_5

Андалузит Al_2SiO_5

Циркон ZrSiO_4

Кислоты комплексного ангидрида [(глины)]

Ректорит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Каолин, диксит, накрит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$

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

Галуазит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Волконскоит $\text{H}_3\text{Cr}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Пирофиллит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

Монтмориллонит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Термьерит $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Аллофан $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Бейделлит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Нонтронит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Алюмокремневые галоидангидриды

Топаз $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$

Алюмосиликаты

Калиофиллит $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ продукты разложения лейцита,
 Эвкрипит $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ " " сподумена,
 Карнегит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ " " нефелина
 Лейцит $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 Жадеит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 Сподумен $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 Эгирин $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

Группа полевых шпатов

Ортоклаз $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{Or})$

Альбит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{Ab})$

Анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{An})$

Цельзиан $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{Cn})$

Плагиоклазы—изоморфные смеси альбита (Ab) и анорита (An).

Гиалофаны—изоморфные смеси ортоклаза (Or) и цельзиана (Cn).

Продукты присоединения к алюмосиликатам

Нефелин $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{SiO}_2$

Канкринит $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q \begin{cases} \text{CaCO}_3 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ \text{NaHCO}_3 \end{cases}$

Девин $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q \begin{cases} \text{NaSO}_4 \\ \text{NaCl} \end{cases}$

Содалит $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{NaCl}$

Гакманит $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{Na}_2\text{S} \cdot \text{NaCl}$

Лазурит $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{Na}_2\text{SnNaHS}$

Гаюин $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{Na}_2\text{SO}_4$

Нозеан $p\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot q\text{CaSO}_4$

Группа граната

Гроссулярь	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
Анрадит	$\text{CaFe}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
Уваровит	$\text{CaCr}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
Пироп	$\text{Mg}(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Mg}_2\text{SiO}_4$
Альмандин	$\text{FeAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Fe}_2\text{SiO}_4$

Группа эпидота

Эпидот	$3\text{Ca}(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$
Клиноцоизит	$3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$
Пьемонтит	$3\text{Ca}(\text{Al}, \text{Mn}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$
Цоизит	$3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$

Группа везувиана

Везувиан—вилуит	$3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	$\left\{ \begin{array}{l} 2\text{CaSiO}_3 \\ \text{Ca}(\text{OH})_2 \\ \text{CaF}_2 \\ \text{CaO} \end{array} \right.$		
			Пренит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaSiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
			Лоусонит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
			Кордиерит	$4(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Группа берилла

Берилл	$2\text{BeAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{BeSiO}_3$
Воробьевит	$\text{BeAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot \text{BeH}_3\text{SiO}_4 \cdot \text{CsSiO}_3$

Группа скаполита

Мариалит	$3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 2\text{NaCl}(\text{Ma})$
Мейонит	$3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaO}(\text{Me})$
Скаполиты — изоморфная смесь	$p\text{Ma} \cdot q\text{Me}$

Группа цеолитов

Томсонит	$(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
Гидронефелин	$(\text{Na}, \text{H})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Анальцим	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Ломонтит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Леонгардит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 3\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
Шабазит	$(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2)\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Гмелинит	$(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Бейландит	$(\text{Ca}, \text{Sr})\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Брюстерит	$(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Десмин и Филиппсит	$\left\{ \begin{array}{l} p(\text{Ca}, \text{K}_2, \text{Na}_2)\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot q(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2)\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \\ p(\text{Ba}, \text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot q(\text{Ba}, \text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$
Гармотом	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Натролит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Сколецит	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Мезолит	

Группа слюд

Мусковит	$\text{H}_4\text{K}_2(\text{Al}, \text{Fe})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Фенгит	$\text{H}_4\text{K}_2(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_4\text{Si}_7\text{O}_{24}$
Парагонит	$\text{H}_4\text{Na}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Лепидолит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Li}_2\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{22}$
Полилитнионит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Li}_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}$
Протолитнионит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Fe}_3\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{22}$
Флогопит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Mg}_6\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Истонит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Mg}_5\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Сидерофиллит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Fe}_5\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Аннит	$\text{H}_4\text{K}_2\text{Fe}_6\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{24}$

Биотит, лепидомелан и мероксен представляют собою изоморфные смеси флогопита, истонита, сидерофиллита и аннита.

Группа хлорита

Амезит	$H_4Mg_2Al_2SiO_9$
Дафнит	$H_4Fe_2Al_2SiO_9$
	II III
Кроншtedтит	$H_4Fe_3Fe_2SiO_9$
Магнезио-кроншtedтит	$H_4Mg_2Cr_2SiO_9$
Кеммерерит	$H_4Mg_2Cr_2SiO_9$
Пеннин	} изоморфные смеси предыдущих хлоритов с антигоритом $H_4Mg_3Si_2O_9$
Клинохлор	
Прохлорит	$H_4Mg_3Si_2O_9$

Группа хлоритоидов

Маргарит	$H_2CaAl_4Si_2O_{12}$
Ксантофиллит	$H_4Ca_2Mg_5Al_5Si_3O_{24}$
Клинтонит	$p(H_2, Ca, Mg)_3Al_2SiO_8 \cdot qA$
Хлоритоид	$H_2FeAl_2SiO_7$

Алюмосиликаты, богатые глиноземом

Ставролит	$H_2Fe_2Al_{10}Si_4O_{26}$
Сапфирин	$Mg_5Al_{12}Si_2O_{27}$

[Группа боросиликатов и алюмоборосиликатов]

Данбурит	$CaB_2Si_2O_8$
Датолит	$CaB_2Si_2O_8 \cdot Ca(OH)_2$
Аксинит	$CaB_2Si_2O_8 \cdot 2CaAl_2Si_2O_8 \cdot Ca_2SiO_4$
Турмалин	$pM_2B_2Si_2O_8 \cdot qM_2Al_2Si_2O_8 \cdot rA$

Имеются еще соединения кремнезема с ванадием, фосфором, таном, редкими землями, цирконием, углекислотой, например, скоутит $3CaCO_3 \cdot 3CaO \cdot 4SiO_2$ и т. п.

Кремневые соединения играют очень большую роль в химии земной коры; эта минеральная группа по количеству минералов, относящихся к ней, является самой большой. Она включает в себя главным образом порообразующие минералы, поэтому изучением ее занимались преимущественно петрографы, работающие в области микроскопической петрографии. Пользуясь оптическим методом, эти исследователи выделили чрезвычайно большое количество разновидностей этого типа минералов. Некоторые из них используются в настоящее время в промышленности, но главная масса пока в практической жизни еще не применяется.

Из множества описанных минералов мы остановимся только на главнейших:

Простые окислы

27. Кварц

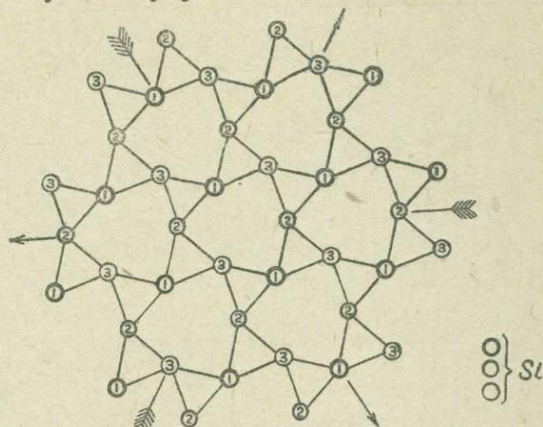


Х. с. — двуокись кремния; Si — 46,67%, O — 53,33%.

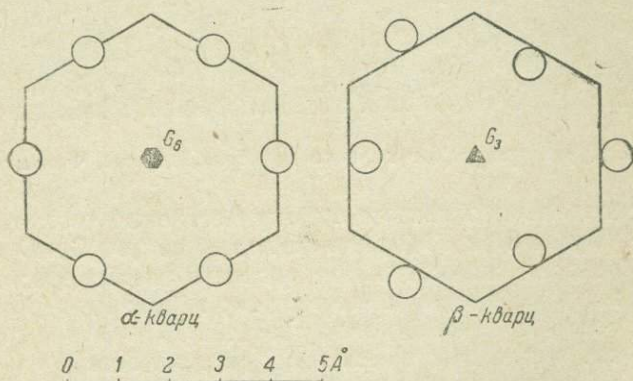
К. с. — гексагональная.

О. ф. — различают две разности кварца — β и α ; первый — тригональный (фиг. 64), второй — гексагональный (фиг. 65 — проекция правого и левого кварца); кроме того в тригональной разности различают правый и левый кварц.

Наиболее распространен и лучше изучен β -кварц, отличающийся развитием гексагональной, обычно покрытой штриховкой призмы, ограниченной правым и левым ромбоэдром и тригональным трапецоэдром; при сильном и одинаковом развитии ромбоэдров наблюдаются псевдогексагональные бипирамиды, причем призма исчезает. Это, однако, наблюдается сравнительно редко, большую часть у параморфоз по высокотемпературному α -кварцу в изверженных породах. В общем



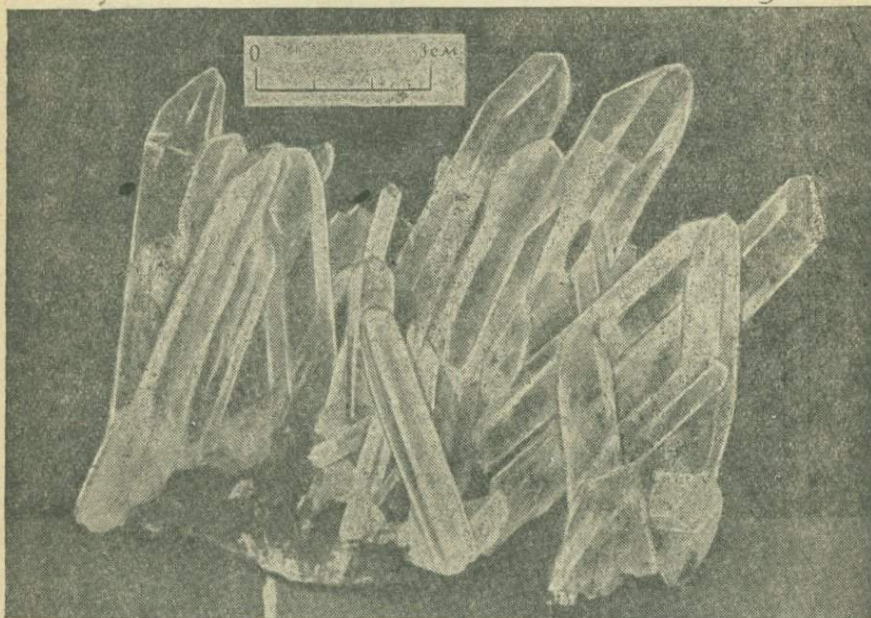
Фиг. 64. Структура низкотемпературного (тригонального) кварца.



Фиг. 65. Проекция структур α - и β -кварца.

призматический гексагональный габитус решительно господствует среди многочисленных и разнообразных форм кварца; очень часты удлиненные, суживающиеся к вершине, игольчатые кристаллы, срastaющиеся в друзы щетки, лучистые, агрегаты (фиг. 66). Размеры кристаллов различны. Огромные хорошо образованные кристаллы не являются редкостью. Весьма обычны для кварца также поликристаллические, сплошные массы.

Двойники кварца наблюдаются очень часто; монокристаллы сравнительно редки. При рассмотрении двойников по призме различают два случая: первый, когда срastaются левый с левым или правый с правым — дофинейские двойники; второй случай — срастание правого с левым — бразильские двойники; кроме этого, наблюдается еще ряд двойников, в том числе по ромбоэдру.



Фиг. 66. Друза кристаллов горного хрусталя. Дофине, Франция.

У гексагонального кварца преимущественно развиты бипирамиды. Фигуры 67 и 68 (правый и левый кварц) *C* и *D* и *Q* и *R*.

Сп. — неясная спайность по плоскости ромбоэдра; обнаружить ее чрезвычайно трудно; вероятно, это раздельность по двойниковому шву.

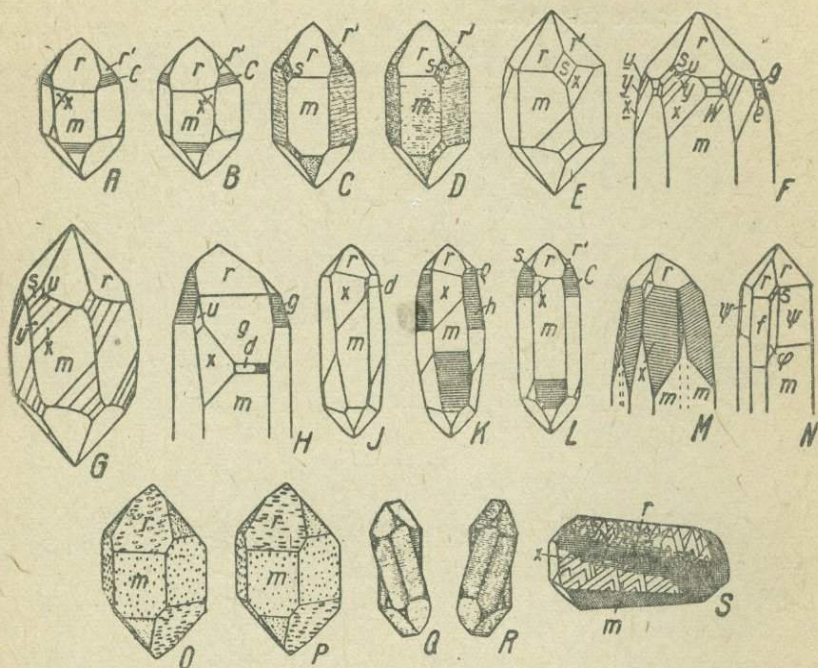
Цв. — см. ниже, при описании разновидностей.

Бл. — на гранях стеклянный, в изломе жирный.

О. с. — β -кварц при температуре 573° ; переходит в α -кварц, устойчивый от 573 до 870° ; выше 870° образуется тридимит; последний устойчив от 870 до 1470° ; далее от 1470 до 1710° устойчивым является кристобалит; при 1710° образуется кварцевое стекло (фиг. 69). При этом процессе происходит понижение удельного веса, отвечающее увеличению объема.

В технике превращения кварца в различные модификации, сопровождаемые указанными эффектами, имеют большое значение при изготовлении так на-

зывается динаса—кислого высокоогнеупора. Для получения наиболее огнестойкого и не подвергающегося деформациям динаса необходимо перевести кварц в его наиболее устойчивую (со стороны коэффициентов расширения) при высоких температурах модификацию — тридимит (и кристобалит). Триди-



Фиг. 67. Кристаллические формы кварца энантиморфной симметрии.

m (40 $\bar{1}0$), σ (70 $\bar{7}1$), d (11 · 0 · $\bar{1}1$ · 2), e (50 $\bar{5}1$), f (40 $\bar{4}1$), g (30 $\bar{3}1$), h (20 $\bar{2}1$), γ (18 · 0 · $\bar{1}8$ · 13), r (10 $\bar{1}1$), r' (01 $\bar{1}1$), ψ (0 · 10 · $\bar{1}0$ · 1), s (11 $\bar{2}1$), u (31 $\bar{4}1$), y (41 $\bar{5}1$), x (51 $\bar{6}1$), z (12 $\bar{3}1$), μ (13 $\bar{4}1$), φ (2 · 15 · $\bar{1}7$ · 2), W (3 · 7 · $\bar{1}0$ · 3). А — правый, В — левый кварц из Каррары; F, G — Александер Ко.; H — Симплон, J, L — Овзанс; K — Гебриды; N — Вестойе; M — Вейсельберг. O и P — левый и правый кварц показывают зеркальное соответствие фигуры травления плавиковой кислотой.

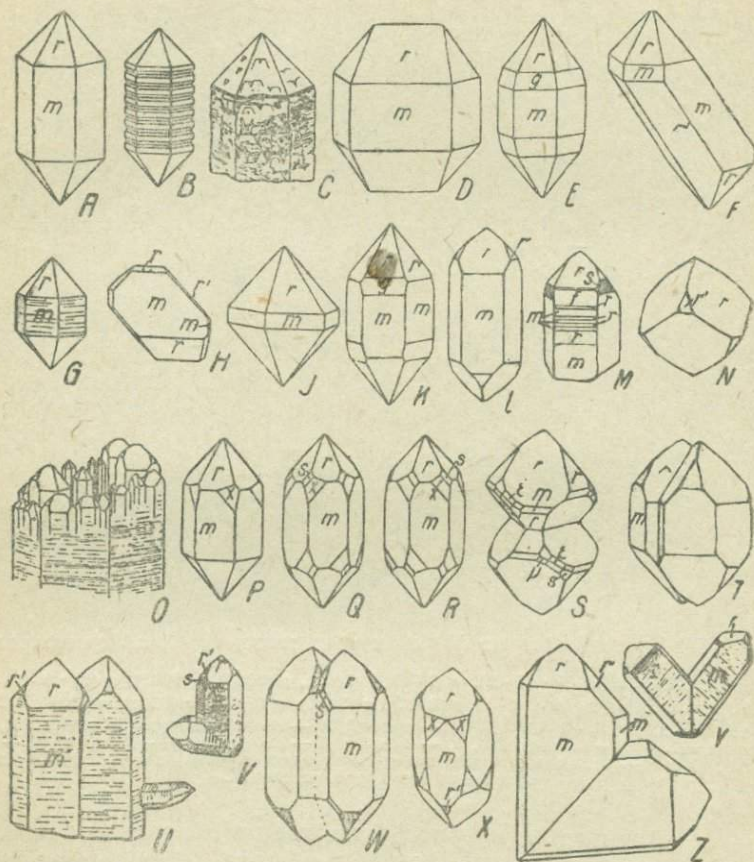
митизация (и кристобалитизация) кварца достигается путем длительного его обжига, при температуре, постепенно доведенной до 1450—1470°. Особенно осторожно следует проходить температурный интервал 550—650°, где происходит переход β -кварца в α -кварц, сопровождающийся увеличением объема до 2,4%.

Расплавленный и затвердевший кварц имеет ничтожный коэффициент расширения, поэтому при внезапном нагревании или охлаждении кварцевая посуда не лопается.

Рентгеноскопическое изучение структуры кварца показывает, что он состоит из тетраэдров, в верши-

нах которых находятся ионы кислорода, а в центре — ион кремния.

Кварц обладает характерными пьезоэлектрическими свойствами: при механическом воздействии на кристалл (по определенным кристаллографическим направлениям), на его плоскостях возникают электрические заряды.

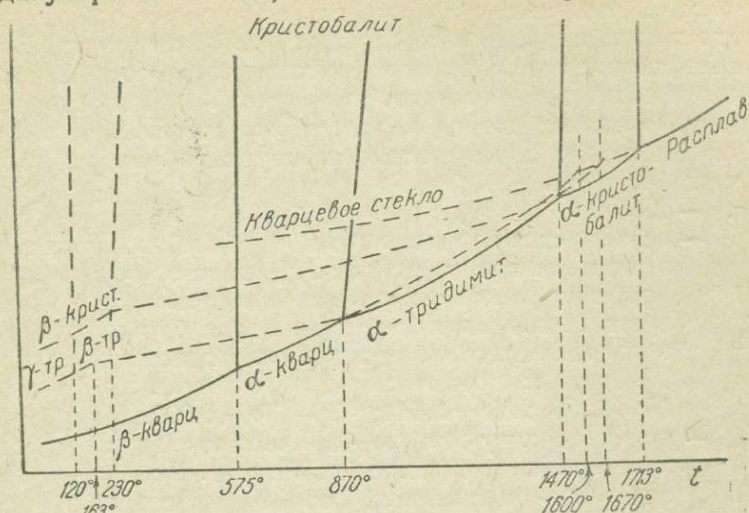


Фиг. 68. Кристаллические формы кварца, гексагонально-голоэдрической и тригонально-голоэдрической симметрии

Гексагонально-голоэдрическая (А—J) и тригонально-голоэдрическая (К—О) симметрии; двойники (Р—Z). А—Испания; В, Р, Q, R—Швейцария; Е, К—Изер; G—Анарсув; Н—Кингокотала Кингуа; L—Дербишир; М—Бурк Ко.; N—Зауальп; S—Силезия; Т, X—Бразилия; U—Валь Даоста; V—Оизанс; Y—Траверселла; Z—Дофине.

На фиг. 70 представлена параллелепипедальная пластинка, вырезанная из монокристалла кварца перпендикулярно плоскости, проходящей через ось L_3 (являющуюся оптической осью кристалла) и одну из осей второго порядка (являющихся электрическими осями).

Если пластинка сжимается в направлении главной оси (L_3), то электрического возбуждения не возникает. При направлении сжимающей силы (f) параллельно оси L_2 , на гранях, перпендикулярных к ней, появляются электрические заряды



Фиг. 69. Идеальная диаграмма $p-t$ для системы SiO_2 .

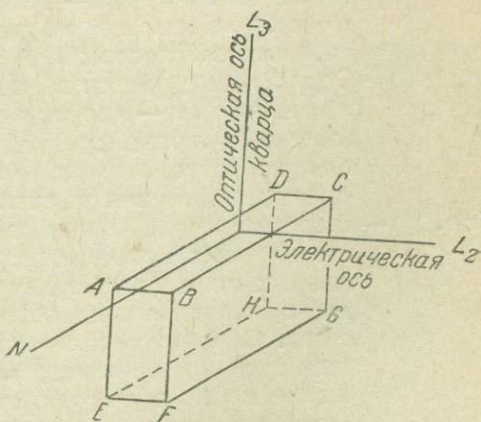
$+q$ и $-q$. Величина q не зависит от размеров пластинки, что можно выразить формулой:

$$qL_2 = kf,$$

где коэффициент k является пьезоэлектрической постоянной кварца.

Если сжимающая сила (f) направлена перпендикулярно как к L_3 , так и к L_2 , то электрический заряд (q) появляется на тех же плоскостях (перпендикулярных к L_2), но лишь с обратным знаком.

$$qN = kf \frac{n}{b}, \text{ где } b = CD, \\ \text{а } n = BC.$$



Фиг. 70. Кристаллографическая ориентировка пластинки пьезокварца.

Таким образом в последнем случае величина возникающего заряда зависит как от сжимающей силы, так и от отношения длины пластинки к ее толщине.

Если, вместо сжатия, пластинка подвергается растяжению, то q меняет знак.

Наблюдается и обратное явление, используемое в радиотехнике. Включенная в цепь с переменным током кварцевая пластинка, вырезанная, как указано на чертеже, приходит в состояние вибрации, то расширяясь, то сжимаясь, приводя получаемые радиоволны в соответствие со своим собственным периодом колебаний, иными словами стабилизируя их. Включая пьезокварцевые пластинки как в посылающий, так и в принимающий радиоаппарат, получают возможность вести передачу на волнах строго определенной длины.

Кварц обладает способностью пропускать ультрафиолетовую часть спектра.

Уд. в. — 2,65.

Исп. — не плавится перед паяльной трубкой, но сплавляется в пламени гремучего газа. Не растворим в кислотах, кроме плавиковой; щелочи на кварц почти не действуют. Легко сплавляется в перле буры, труднее — в соде, не расплавляется в фосфорной соли.

Оптически одноосный, положительный.

$n_e = 1,553$; $n_o = 1,544$; $n_e - n_o = 0,009$.

Разн. — горный хрусталь — воднопрозрачный кристаллический кварц (см. табл. VI, фиг. 2); аметист — окрашенный (солями марганца) в фиолетовый цвет;

дымчатый кварц или раухтопаз, окрашенный в темный цвет органическим веществом; черные разновидности называются морионом, винно-желтые — цитрином.

молочный кварц — белого цвета;

обыкновенный кварц — непрозрачный, беловатый или светлосерый.

Структурные разности:

авантюрин — прорастание кварца слюдой или железной слюдкой;

волосатик (сагенит) — прозрачный кварц с игольчатыми включениями актинолита, рутила и др.

Ген. — кварц является одним из важнейших и наиболее характерных порообразующих минералов в изверженных породах кислой магмы (гранитах, гранодиоритах, кварцевых диоритах) и их эффузивных аналогах. Огромную роль играет он также в процессах пегматито-пневматолитового типа, где его кристаллические массы образуют отмеченные выше пегматитовые сростания с полевым шпатом; наиболее характерные фазы пегматитового процесса отвечают температурной точке перехода α -кварца в β -кварц (около 575°), сопровождаемого резким уменьшением объема и образованием пустот, где кристаллизуются различные минералы. Не менее важна роль кварца в образовании тела термальных рудных жил с молибденом, медью и полиметаллами.



Фиг. 1. Изделия из горного хрусталя.
Геологический музей им. А. П. Карпинского, Акад. наук СССР



Фиг. 2. Друза кристаллов горного хрусталя из пегматитовых жил
Майдантала, западный Тянь-шань.

К образованию кварца ведут также различные процессы поверхностного, гипергенного характера. В зоне выветривания он непрерывно накапливается, как за счет стойкой кварцевой части разрушающихся изверженных пород, так и в результате освобождения кремнезема при распаде силикатов, с дальнейшим переходом его в халцедон и кварц. Благодаря своей устойчивости кварц накапливается громадными массами в обломочных породах, образуя пески, песчаники и др.

Прим. — кварц применяется: в стекольной промышленности, в керамике, в производстве плавленного кварца для химической посуды и аппаратуры химических заводов; в металлургии — для шлакообразования, или в качестве восстановителя; прозрачные и окрашенные разновидности — горный хрусталь, аметист, дымчатый кварц употребляются в качестве драгоценного камня (см. табл. IV, фиг. 1); прозрачный кварц применяется в оптике для изготовления призм для спектроскопов, в физических и медицинских приборах для ультрафиолетового облучения; в военном деле и пр.

Массивный (жильный) кварц — частью розовый в пегматитах Карелии (Чупа, Панфилова Варакка и др.).

Гл. м. — Урал — Алабашка, Мурзинка — дымчатый кварц, горный хрусталь, аметист; Невьянский район (галька горного хрусталя в аллювии); Неройка — горный хрусталь; Елисеевка, Украина — горный хрусталь; южный Казахстан, район р. Пскема. Грузинская ССР, Казбекский район (хрустальные погребки). Бразилия — горный хрусталь, аметист; Мадагаскар — розовый кварц.

Обыкновенный кварц — один из самых распространенных минералов.

Э. н. м. — слово кварц неясного происхождения, предполагают, что оно происходит от вендского слова тварды — твердый, твардц — твердый камень. хрусталь — греч. кристаллос — лед. аметист — греч. аметистос — непьющий, талисман у древних греков против алкоголизма.

28. Тридимит

SiO_2

Полиморфная разновидность кремнезема

К. с. — ромбическая (псевдогексагональная).

Тв. — 7.

Уд. в. — 2,27.

Тридимит — магматогенный минерал.

Ген. — различают α -тридимит, который образуется в интервале между 870 и 1470° и β - и β_2 -тридимит, обра-

зующийся при низкой температуре. Тридимит встречается часто в излившихся кислых породах (андезитах, трахитах и др.).

29. Крестобалит

SiO₂

Полиморфная разность кремнезема

К. с. — тетрагональная (псевдокубический).

Тв. — 6,7.

Уд. в. — 2,27.

Ген. — в вулканических породах совместно с тридимитом (см. график).

30. Халцедон

SiO₂

О. ф. — скрытокристаллическая микроволокнистая разность кремнезема. Сплошные, натечные, слоистые массы.

Тв. — 6,5; вязкость выше, чем у кварца.

Уд. в. — 2,55.

Исп. — химические те же, что у кварца. Отличается оптически по отрицательному характеру удлинения.

Разн. — Собственно халцедон — бесцветный, бледно-голубоватый, слегка просвечивающий; сердолик — желтый, красный, оранжевый. сардер — красно-бурый;

хризопраз — яблочно-зеленый (окраска солями Ni),

гелиотроп — зеленый с красноватыми точками;

агат (фиг. 71) — полосчатые (ониксы) или сложноразноцветные (моховые, руинные, башенные и др.).

разности халцедона; кремень — смесь халцедона с кварцем, опалом, глинистыми, углистыми веществами и др.;

яшма — смесь халцедона с тонкозернистым кварцем, глинистым веществом, железистыми и марганцовистыми соединениями. Под именем яшм нередко фигурируют плотные метаморфические породы различного генезиса.

Ген. — выделение из горячих поствулканических, а также из поверхностных вод, несущих золь кремнезема.

Прим. — как поделочный камень и как материал для изготовления подпятников часов, весов и пр., для изготовления ступок и гладильных камней.

Гл. м. — крупные месторождения технического и поделочного халцедона — в миндалевидных порфиридах Ахалцихского района, Грузинская ССР. Читинская обл. (по Аргуни в миндалидах мелафира); в Селенгинской Даурии — галечники Гусино озеро и др. Крымская АССР — побережье в районе Кара-дага.

Э. н. м. — от Халцедон, город в Малой Азии, агат — от греч. „твердый“.

- Х. с. — коллоидный гидрат окиси кремния с неопределенным количеством воды, содержание которой колеблется от 0,4 до 21%, часто бывают примеси гидратов окиси железа, солей кальция и др., часто типично коллоидальный.
- О. ф. — натечные, гроздевидные, сталактитовые, землистые, мелоподобные, рыхлые и плотные скопления и студенистые массы.



Фиг. 71. Агат.

- Цв. — белый, серый, желтый, красный, коричневый, черный, зеленоватый и синеватый.
- Бл. — перламутровый, стеклянный, восковой, жирный.
- О. с. — некоторые разновидности обладают опалесценцией (радужной игрой); другим свойственна способность поглощать жидкости и газы.
- Тв. — 5,5—6,5.
- Уд. в. — 2,15—2,20.

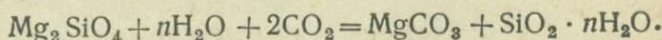
Исп. — при прокаливании растрескивается, но не плавится, выделяет воду, не растворим в кислотах, кроме плавиковой; растворяется в едком натре и кали и в растворе соды, почему и называется растворимым кремнеземом. Показатель преломления опала меняется в зависимости от содержания воды: $n = 1,40-1,44-1,45-1,46$, т. е. чем больше воды, тем выше показатель преломления (хотя сама вода имеет показатель преломления ниже самого низкого показателя преломления опала — 1,333).

При нагревании опала потеря воды происходит при следующих температурах (см. график); при 525° опал переходит в безводный SiO_2 .

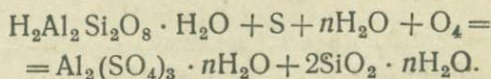
Содержание воды в опале при разных температурах различно, но не выше указанных:

30°	— 16,65%
100°	— 13,60%
200°	— 9,49%
250°	— 5,66%
300°	— 3,40%

Ген. — 1) Выпадение из горячих водных растворов с образованием на поверхности гейзерита или кремневой накипи. 2) Термальное заполнение пустот, трещин и пор вулканических пород (трахитов, андезитов, туфогенов с образованием жилок и желваков). Нередки образованные термальным путем псевдоморфоз опала по отдельным минералам и целым, иногда очень крупным участкам изверженных пород и туфов с полным их замещением опаловым веществом (при сохранении первоначальной структуры). 3) Выпадение из поверхностных вод, циркулирующих в кремнистых осадочных породах. 4) Выпадение из щелочных нефтяных вод при их нейтрализации другими водами. 5) При выветривании силикатных минералов, например;



6) При окислении серы в глинистых породах с образованием сиштофита:



Последний способ образования более или менее соответствует заводскому получению сиштофа или силикагеля.

7) При пустынном выветривании и миграции кремнезема в щелочных растворах.

8) В широком масштабе идет образование опалового вещества при отложении на дне водоемов кремнистых скелетов; так происходит образование инфузорной земли, диатомового ила, диатомовых водорослей и других организмов, трепела, кизылгура и пр.

Изм. — с течением времени опал при отсутствии воды дегидратизируется и переходит в халцедон, а последний — в кварц.

Разн. — благородный опал — опалесцирует разными цветами; гиалит или кремневое стекло — прозрачный опал; огненный опал — красного или оранжевого цвета, без опалесценции; деревянистый опал (окаменелое дерево) — псевдоморфоза опала по дереву; обыкновенный опал, стекловатый, мутный; инфузорная земля — остатки кремневых организмов; трепел и кизылгур — то же, но без форменных элементов; опока — уплотненный трепел; полуопал — коагулированный водный кремнезем с разными основаниями.

Прим. — благородный и огненный опал — драгоценные камни. Диатомитовые породы имеют обширное применение: в химической промышленности (адсорбенты, фильтры и т. д.); в промышленности взрывчатых веществ (кизылгур), в строительстве (звуко- и теплоизоляция), трепелы — как полировальный материал, и т. п.

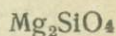
Гл. м. — диатомитов — Грузинская ССР (Кисатиби), Армянская ССР (Нурнус); трепелов и опок — Чувашская АССР (Алатырь); Куйбышевская обл. (Инза, Ульяновск, Сызрань); Смоленская обл. (Дабужа и др.), Свердловская обл. (Камышлов) и др.; драгоценных опалов — Австралия (Новый Южный Уэльс и др.); Чехия (окр. Кишау); гейзерита и гиалита — США (Иеллоустонский парк).

Э. н. м. — от лат. opallus (греч. opallios белый камень), может быть от санскритского „упала“ — камень.

ОРТОСИЛИКАТЫ И ПРОДУКТЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ К НИМ

Изоморфная группа оливина

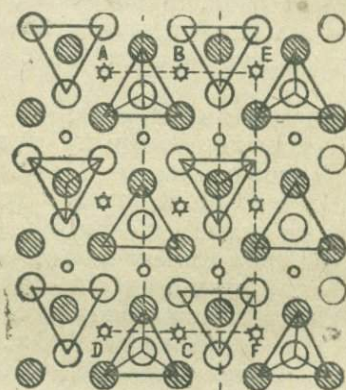
32. Форстерит



Х. с. — ортосиликат магния; MgO — 57,11; SiO_2 — 42,89%; иногда присутствует до 3% FeO . При увеличении содержания железа получается наиболее распространенный член изоморфного ряда — оливин.

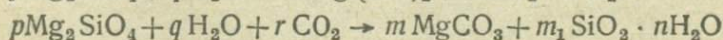
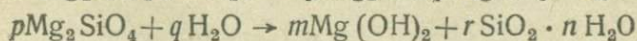
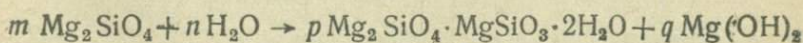
К. с. — ромбическая (фиг. 72).

- О. ф. — короткопризматические кристаллы, также пластинчатые, параллельные 100 или удлиненные по *c*. Редко имеются двойниковые образования по (031). Обычно в виде небольших вкрапленных зерен.
- Сп. — заметная по (010) и по (001),
- Цв. — белый, желтоватый и зеленоватый; бесцветен в шлифах,
- Бл. — стеклянный и жирный,
- Тв. — 6—7.
- Уд. в. — 3,217.
- Исп. — температура плавления 1890°, с трудом разлагается HCl с выделением студия кремнезема (см. о растворимости ортосиликатов).
- Опт. — плоскость оптических осей параллельна (001).
 $+2V = 85^\circ 16$; $N_g = 1670$; $N_p = 1,635$; $N_g - N_p = 0,035$.



Фиг. 72. Структура форстерита.

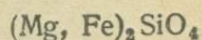
- Разн. — больтонит из зернистого мрамора близ Больтона в шт. Массачусетс (США) образует кристаллы с прямоугольным сечением до 2,0 см².
- Ген. — встречается в основных излившихся породах, всего же чаще в контактных образованиях, особенно в богатых магнием контактно-метаморфизованных известняках (офикальцитах); в природе больших скоплений не образуют.
- Изм. — поглощая воду, легко переходит в змеевик и далее в брусит, магнезит и опал:



- Прим. — форстерит, образующийся в технике при обжиге талька и магнезита, используется как высокоогнеупорный материал.

- Гл. м. — в голубом мраморе Николае—Максимильяновской копи близ Златоуста на Урале; в змеевиках Норвегии, в выбросах Везувия и других местах.
- З. н. м. — назван в честь американца Форстера.

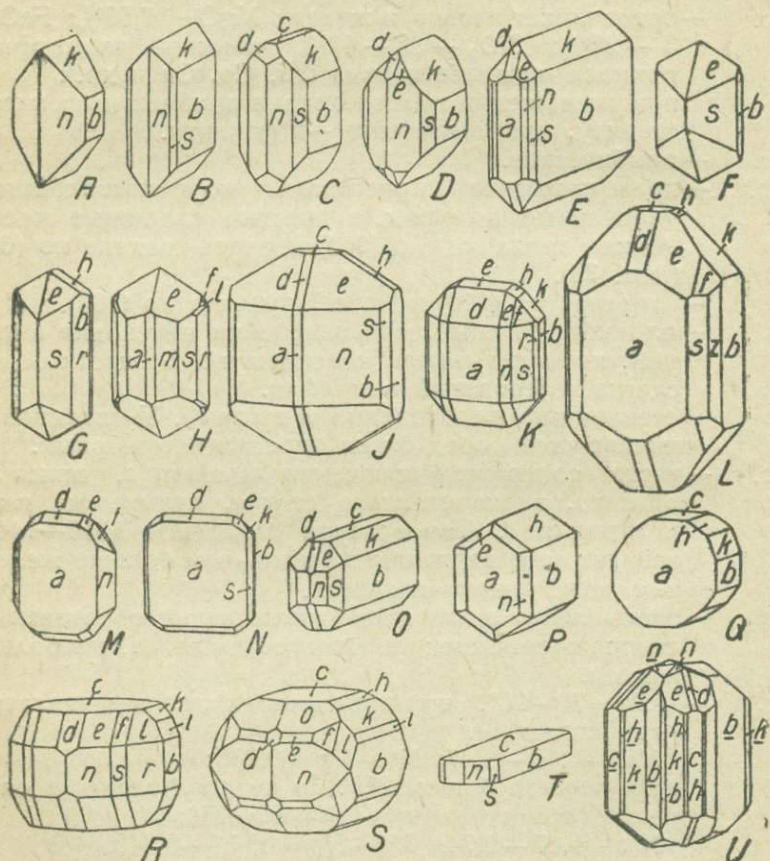
33. Оливин



Перидот, хризолит

- Х. с. — ортосиликат магния и железа; MgO —37,50%; FeO — 3 — 25%; SiO_2 — 38 — 47%; обычные изоморфные примеси магниевого ряда (Ni , Co , Cu и др.); при уменьшении железа оливин приближается к форстериту, при увеличении — к фаялиту.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — призматические кристаллы, короткостолбчатые, удлиненные по оси c , зернистые сплошные массы. Редкие двойники по (011) и очень редкие по (012) (фиг. 73).
- Сп. — заметная по (010) и менее заметная по (100).
- Цв. — оливково-зеленый, при изменении переходит в желтый, коричневый или красноватый. Бесцветный или слегка зеленоватый в шлифах.
- Бл. — стеклянный, переходящий в жирный. У оливинов из излившихся пород блеск определенно жирный.
- О. с. — часто содержит включения магнетита, шпинели, апатита, вулканического стекла, пузырьков, газов и жидкостей. Температура плавления 1310—1445°, зависит от содержания железа — чем больше железа, тем легче оливин плавится.
- Исп. — очень легко разлагается кислотами с образованием студия кремнезема; разлагается тем легче, чем больше железа.
- Опт. — $+2V=70-90^\circ$, при увеличении железа делается отрицательным.
 $Nm=1,65-1,67$; $Ng-Np=0,035$;
 если железа более 13%, то минерал делается оптически отрицательным $-2V=90-75^\circ$;
 $Nm=1,67-1,74$; $Ng-Np=0,035-0,040$.
- Разн. — прозрачная разность зеленого цвета называется хризолитом.
- Ген. — оливин выделяется в числе первых минералов при остывании первичной магмы, участвуя в образовании ультраосновных и основных горных пород в парагенезисе с хромшпинелидами, титанистым и магнитным железняками, платиновыми минералами; оливин этих пород часто содержит изоморфные примеси никеля, кобальта, меди, марганца и др. Дуниты, перидотиты (лерцолиты, гарцбургиты) и другие ультраосновные породы состоят главным образом

из оливина. Кроме того, оливин образуется на контактах основных и кислых изверженных пород с доломитизированными известняками в парагенезисе с хондритом и пироксеном (здесь чаще выделение фостерита). Нередки находки оливина в выбросах и в сублимациях вулканов, например Везувия. Образуется также в результате метаморфизма нечистых доломитов. Встречается в метеоритах вместе с самородным железом.



Фиг. 73. Кристаллические формы минералов группы оливина.

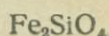
(А, О) — фаялит; D — гиагросидерит; F — монтичеллит; G, H — тейфрит; I, P — форстерит; K, M — хризолит. a (100), m (210), n (110), s (120), r (130), z (140), b (010), i (041), k (021), h (011), c (001), d (101), e (111), f (121), l (131), o (112). А — Засбах, а также искусственные кристаллы; В — Перуджия; С — Монте Фиасконе; D — Кейзерштул; E — Исхия; F — Монцони; G, H — Пайсберг; J — Ахматовская ночь; L — Лаахерское озеро; N — озеро Бивер; O — Пантеллерия; P, Q — Триблиц; R, S — из палласита (метеорита); T — Лаццум; U — Везувий.

Изм. — переходит при гидратации в змеевик, брусит, магнетит и опал (изменения, аналогичные форстериту). При гидратации оливиновых пород поглощается

огромное количество воды и кислорода для окисления закиси железа в окись, причем образуются гидраты окиси железа, а при наличии изоморфных примесей также пиролюзит, псиломелан, асболан, силикаты никеля (группа нумейта), силикаты меди (хризолла) и др.

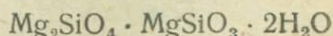
- Прим. — прозрачные золотисто-желтые разности (хризолит) употребляются как драгоценный камень.
- Гл. м. — Урал с его массивами ультраосновных горных пород (Нижний Тагил и др.); хризолит — близ оз. Иткуль (Сысертский район); лучший драгоценный хризолит — о. Зебергет на Красном море.
- Э. н. м. — оливин по оливково-зеленому цвету. Перидот — искаженное арабское слово „фаридат“ — драгоценный зеленый камень. Хризолит — хризос — по-гречески золото, литос — камень.

34. Фаялит



- Х. с. — ортосиликат железа; $\text{FeO} - 70,57\%$; $\text{SiO}_2 - 29,43\%$. часты примеси магнезия; при увеличении содержания магнезия фаялит переходит в оливин.
- К. с. — ромбическая.
- Цв. — темнозеленый, почти черный.
- Тв. — 6,5.
- Уд. в. — 4,22.
- Исп. — плавится в черный магнитный королек; разлагается легко с выделением студня кремнезема.
- Опт. — $2V = 47-50^\circ$; $Nm = 1,877$; $Ng - Np = 0,550$.
- Разн. — брейслакит представляет нежные бурые волокна, встречающиеся в лавах Везувия.
- Ген. — найден в обсидиане Липарских островов (Сицилия), Йеллоустонского парка США, в гранитах Ирландии, Массачузетса.
- Изм. — аналогично оливину, в гидрат окиси железа и в опал.
- Прим. — возможно применение в качестве железной руды, если будет встречен в большом количестве.
- О. н. м. — впервые был найден в валунах у о. Файял (системы Азорских островов), куда был завезен на корабле в качестве балласта.

35. Серпентин

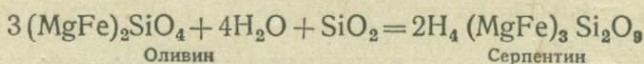


Змеевик, офит, антигорит, хризотил, хризотил-асбест, асбест

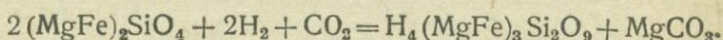
- Х. с. — продукт присоединения к ортосилкатам; $\text{MgO} - 43,0\%$; $\text{SiO}_2 - 44,1\%$; $\text{H}_2\text{O} - 12,9\%$; часто присутствуют железо, никель, кобальт, марганец, и другие элементы изоморфного ряда магнезия.

- К. с. — моноклинный или ромбический. Различают две разновидности серпентина: волокнистый хризотил и пластинчатый антигорит. Ни та, ни другая разность не дают ясно образованных кристаллов (кроме псевдоморфоз по замещенному минералу — оливину или пироксену). Обычны тонкозернистые, плотные, листоватые, твердые шестоватые (пикролит) и мягкие тонковолокнистые (асбест) разности.
- Цв. — оливково-зеленый, светло- и яблочно-зеленый, темно- и грязно-зеленый, желтый, бурый, пятнистый, напоминаящий кожу змеи.
- Бл. — тусклый, стеклянный, жирный, шелковистый.
- Тв. — 2,5—3.
- Уд. в. — 2,3—2,8.
- Разн. — см. выше.
- Исп. — перед паяльной трубкой сплавляется с большим трудом только по краям; разлагается в HCl и H₂SO₄; для антигорита: $-2V = 110^\circ$; $Nm = 1,570$; $Ng - Np = 0,011$; для хризотила $+2V = 30 - 35^\circ$; $Ng = 1,555$; $Np = 1,542$; $Ng - Np = 0,013$.

Ген. — образует метаморфических сланцев; получается в результате метаморфизма оливиновых и пироксеновых пород при действии на них воды, обычно несущей примесь кремнезема (SiO₂) или углекислоты (CO₂). Реакции идут при этом примерно по таким схемам:



Участие в процессе углекислоты приводит к одновременному образованию магнезита:



Серпентин может образоваться также на контакте магнезиальных известняков и изверженных горных пород. Это более редкий тип образования.

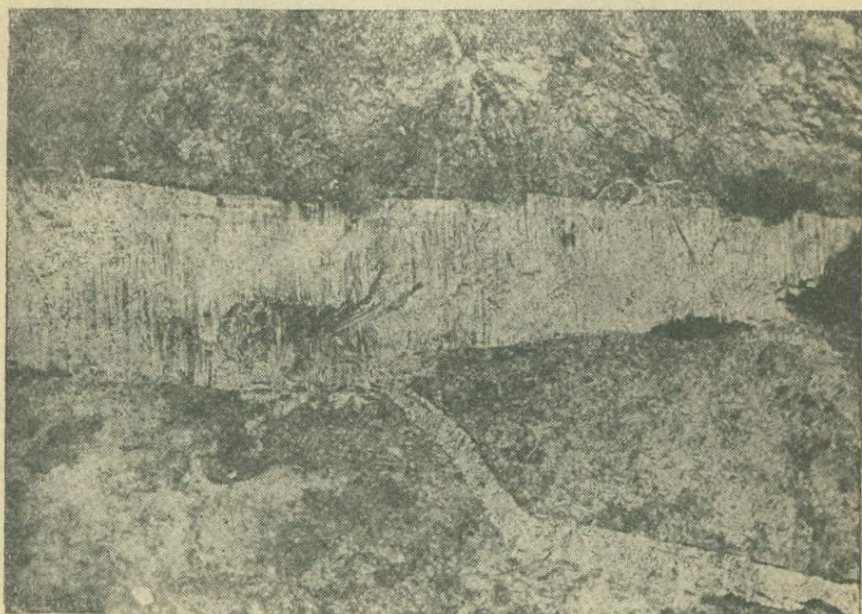
Прим. — асбест имеет широкое техническое применение в разных областях: длиноволокнистый (текстильный) для изготовления огнеупорной одежды, рукавов, шлангов и пр.; в качестве электро- и термоизоляции; коротковолокнистые сорта — в строительном деле и пр.

Красиво окрашенный „благородный“ змеевик или просвечивающий антигорит служит как поделочный камень, особенно популярный в восточных странах.

Гл. м. — крупнейшее месторождение хризотилового асбеста (фиг. 74) в Свердловской области (г. Асбест) — в виде густой сети асбестоносных жил, возникших в результате гидротермальной серпентинизации ультраосновных пород (гарцбургитов). Месторож-

дения змеевиков многочисленны на Среднем Урале, также на Северном Кавказе (по р. Лабее, Белой и др.), Армянской ССР (оз. Севан) и др.

Э. н. м. — змеевик похож на кожу змеи;
серпентин — от латин. серпенс — змея;
офит — от греч. офис — змея;
асбест — от греч. несгораемый.



Фиг. 74. Пржилок хризотилового асбеста в змеевиковой породе. Баженовское месторождение Среднего Урала.

МЕТАСИЛИКАТЫ

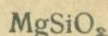
Группа пироксенов

Темные порообразующие минералы, имеющие коротко-столбчатый габитус, тетрагональное сечение со спайностью по призме около 90° , уже давно были объединены в одну общую группу пироксенов.

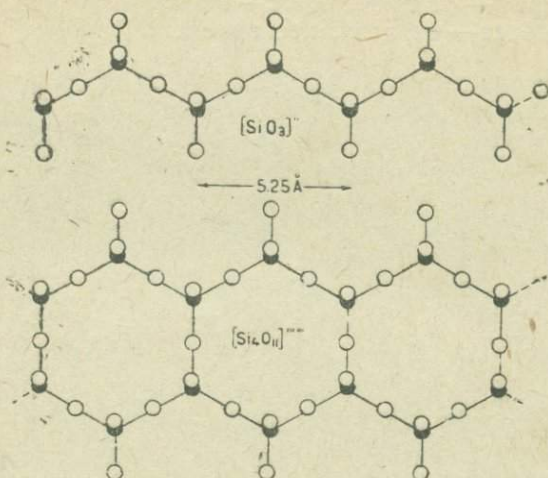
Эту группу подразделяют на ромбические, моноклинные и триклинные пироксены. В последнее время выяснилось, что ромбическая форма пироксена является в сущности псевдоромбической; на самом деле они относятся к моноклиной сингонии.

С точки зрения внутримолекулярной структуры метасиликаты состоят из цепочек уже знакомых нам кремне-кислородных тетраэдров, в вершинах которых находятся ионы кислорода, а в центре — ионы кремния (фиг. 75).

36. Энстатит



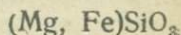
- Х. с. — магнезиальный метасиликат: MgO — 39,97%; SiO_2 — 60,03%; иногда имеются примеси FeO (до 5%).
- О. ф. — толстопризматические кристаллы, пластинчатые и плотные массы.



Фиг. 75. Цепочка кремнекислородных тетраэдров у пироксенов (верх) и амфиболов (низ).

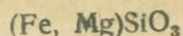
- Сп. — заметная по (110) под углом $88^\circ 16'$.
- Цв. — бесцветный, серый, желтый, зеленоватый, коричневатый.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 5,5.
- Уд. в. — 3,10—3,19.
- Исп. — неплавко, не растворим в HCl .
 $2V = 31^\circ$; $Nm = 1,653$; $Ng - Np = 0,008$.
- Ген. — основные изверженные породы и контакты; распространенный минерал среди основных изверженных пород. Поглощая воду, переходит в бастит-пластинчатый серпентин, близкий антигориту.
- Прим. — может применяться как огнеупор.
- Э. н. м. — от греч. энстатис — противник, из-за тугоплавкости.

37. Бронзит



Железистый, наиболее распространенный, энстатит, называется бронзитом, изоморфная примесь FeSiO_3 у него доходит до 25%; в сравнении с энстатитом бронзит отличается большим удельным весом и показателем преломления и более низкой температурой плавления. Условия образования аналогичны энстатиту. Название дано по бронзовому отливу минерала.

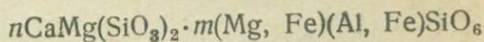
38. Гиперстен



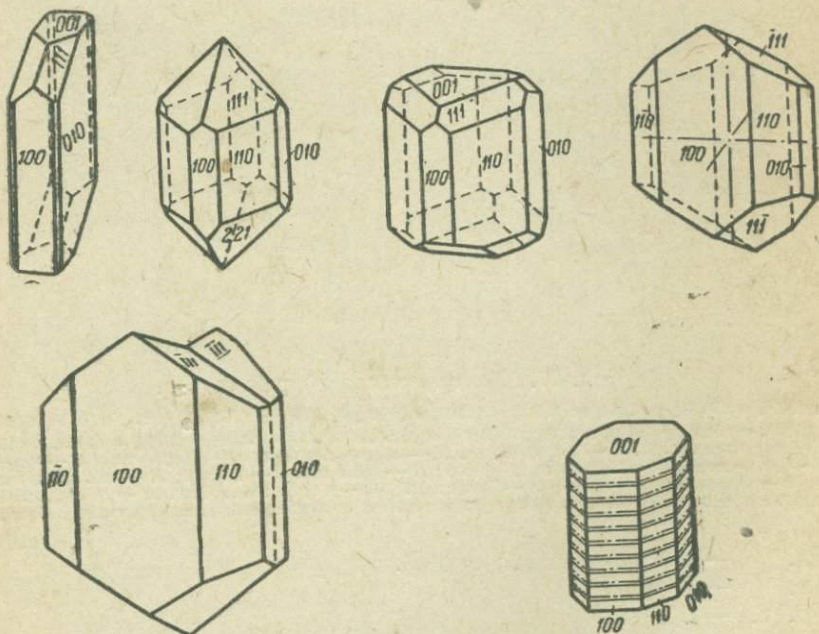
Павлит

- Х. с. — железистый энстатит — FeSiO_3 до 56%.
 Цв. — зеленовато-черный, черный, черновато-бурый.
 Тв. — 5,5.
 Уд. в. — 3,5.
 Исп. — сплавляется в черную магнитную эмаль; частично разлагается.
 Ген. — породообразующий минерал основных пород (норитов, гиперитов и др.), также образуется на контактах. При метаморфизации переходит в серпентин-бастит и гидрат окиси железа.
 Э. н. м. — гипер-стенос — греч. более крепкий (чем амфибол, с которым его ранее смешивали).

39. Авгит



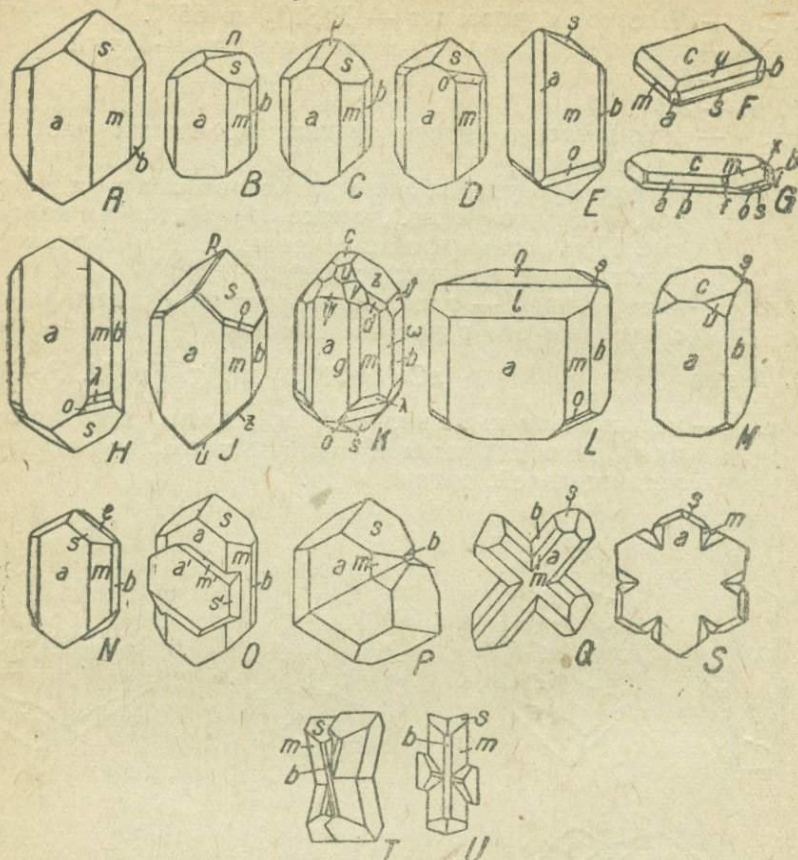
- Х. с. — метасиликат кальция, магния, железа, алюминия; к ним присоединяются в различных количествах примеси щелочей, титана и др.



Фиг. 76. Кристаллы авгита.

- К. с. — моноклинная.
 О. ф. — короткие хорошо сформированные призматические, реже табличатые кристаллы, часто сдвойникованы (фиг. 76 и 77); также неправильные округлые зерна, сплошные зернистые массы.

Сп. — иногда совершенная, угол между направлениями спайности около 90° ; иногда спайность прерывистая, или отсутствует.



Фиг. 77. Кристаллические формы авгита.

a (100), t (310), g (210), m (110), i (130), b (010), φ (081), x (041), g (021), e (011), c (001), l (103), v (501), p (101), n (102), λ (331), o (221), s (111), w (331), v (221), u (111), d (131).
 Месторождения: A, J — Урал; B, D, N — остров Бурбон; C — Норвегия; E — Эссекс; F — Нью-Йорк; G — Пайсберг; H — Рим; K — Венгрия; L — Эшиго; M — Св. Лаврентий; O, P — Богемия; Q — Пиза; S — Засбах; T, U — Стромболи. Фиг. A — D показывают наиболее частые формы авгита, G характерным восьмигранным поперечным разрезом.

Цв. — зелено-черный; бурый.

Тв. — 5—6.

Уд. в. — 3,2—3,6.

Исп. — легко сплавляется в черный магнитный шарик, разлагается горячей соляной кислотой, в особенности титановые разности. Плавиновая кислота легче разлагает авгит, чем энстатит.

$+2V = 58^\circ 25' - 62^\circ$; $Nm = 1,6917 - 1,706$;

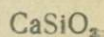
$Ng - Np = 0,0246 - 0,0252$; наблюдается плеохроизм

Ген. — порообразующий минерал изверженных и излившихся пород, главным образом основных (габбро, норитов, базальтов, диабазов и др.); обычен в вулканическом пепле. Под действием термальных вод переходит в уралит (роговая обманка), эпидот и др.

Гл. м. — широко распространен.

Э. н. м. — от греч. *αυγε* — блеск; *пироксен* от *пюр* — огонь и *ксенос* — гость (странник); ранее считали, что этот минерал образуется только в излившихся породах.

40. Волластонит



Досчатый шпат

Х. с. — метасиликат кальция — $\text{CaO } 48,3\%$; SiO_2 — $51,7\%$.

К. с. — псевдотриклинная (моноклинная).

О. ф. — пластинчатые кристаллы; скорлуповатые или радиально-лучистые скопления.

Сп. — совершенная.

Цв. — белый, серый.

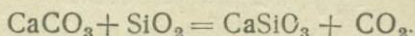
Бл. — стеклянный, реже перламутровый.

Тв. — 4,5—5.

Уд. в. — 2,8.

Исп. — плавится только в тонких осколках; желатинизируется с соляной кислотой.
— $2V = 39^\circ$; $Nm = 1,629$; $Ng - Np = 0,015$.

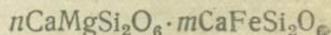
Ген. — типично контактовый высокотемпературный минерал, образуется при воздействии кремнезема магмы на кальцит известняков:



Гл. м. — встречается в виде неправильных гнезд, в мраморе близ контакта с изверженными породами, в сопровождении андрадита, эпидота, везувиана и др.

Э. н. м. — в честь физика и кристаллографа Волластона.

41. Диопсид



Салит

Геденбергит

Х. с. — изоморфный ряд двойных солей, кальцио-магниевого и кальцио-железистого метасиликата. У диопсида содержание FeO доходит до $2,9\%$, у салита до $17,5\%$, у геденбергита FeO от $26,3$ до $29,4\%$.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — вытянутые, часто хорошо образованные призматические кристаллы с вицинальными гранями; зернистые массы.

- Сп. — по призме 87° ; иногда у железистых разностей (диаллаг) — листоватая отдельность.
 Цв. — бесцветный, светлосерый, зеленый разных оттенков и черный (геденбергит).
 Бл. — стеклянный.
 Тв. — 5—6.
 Уд. в. — 3,275—3,55%.
 Исп. — чистый диопсид плавится в тонких осколках, геденбергит плавится легко. Диопсид не растворим в HCl, слегка растворим в HF.
 $+ 2V = 59 - 60^\circ$; $Nm = 1,671 - 1,745$;
 $Ng - Np = 0,030 - 0,018$.

Ген. — образуются главным образом на контактах магмы с карбонатными породами; местами выделяются в больших количествах, отчасти образуются и в изверженных породах. Кристаллы бывают больших размеров (например в Лянгаре, Узбекистан, и в Пьемонте, Италия).

Гл. м. — распространенный минерал.

Э. н. м. — от греч. ди и опсис — двойной внешний вид, благодаря разнообразию окраски минерала; геденбергит — в честь шведского химика Людвиг Геденберга.

Салит по местности Сала в Швеции.

Триклинный пироксен родонит будет рассмотрен вместе с минералами марганца.

Группа амфиболов

Группа амфиболов или роговой обманки в основном очень близка к группе пироксена. Но химический состав их сложнее, и в типе кристаллической структуры также имеются отличия от пироксенов; спайность у амфиболов идет по призме и выражена сильнее, направления спайности идут под углом, близким к 120° или 60° ; амфиболам свойствен гексагональный габитус, в отличие от пироксенов, тяготеющих к тетрагональному габитусу. Условия генезиса амфиболов разнообразнее, чем у пироксенов. Многие расплавленные амфиболы по остыванию при нормальном давлении переходят в пироксены. Для получения из расплава амфибола необходимо присутствие летучих веществ — воды и фтора.

Группа амфиболов подразделяется следующим образом: ромбические, триклинные и моноклинные.

В ромбических минералах ведущим металлом является магний, что сближает их с ромбической подгруппой пироксена и с ромбическими ортосиликатами.

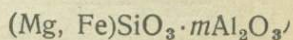
Среди ромбических амфиболов отметим антофиллит и жедрит (см. ниже).

В моноклинных амфиболах наряду с магнием видную роль играет кальций. Но состав минералов этой подгруппы вообще очень сложен: к основному ядру — метасиликату щелочных земель в том или ином количестве присоединяются силикаты щелочей, алюмо- и феррисиликаты щелочей и щелочных земель, гидроксильная группа, фтор. Не только магний и кальций, но и остальные элементы замещаются соответствующими элементами своих изоморфных рядов. Часто лишь при помощи оптических методов можно выделять разнообразные минералы этой подгруппы.

Ниже мы рассмотрим только следующие относящиеся сюда минералы: тремолит, актинолит, грюнерит, амфиболовый асбест, нефрит, уралит, роговую обманку, глаукофан, рибекит и арфведсонит.

В отличие от пироксенов триклинные амфиболы также содержат щелочи. Среди них отметим энigmatит.

42. Антофиллит и жедрит



- Х. с. — эти минералы представляют собой смесь метасиликатов магния и железа и неопределенного алюмосиликата; магнезиоантофиллитом или магнетофиллитом называется $MgSiO_3$; ферроантофиллитом или феррантофиллитом — $FeSiO_3$; жедритом — $(MgFe)SiO_3 \cdot mAl_2O_3$; В жедрите некоторые радикалы — тетраэдры SiO_4 в пространственной решетке замещены тетраэдрами AlO_4 .
- О. ф. — кристаллы редки, обычно наблюдаются лучистые агрегаты, шестоватые, волокнистые асбестообразные скопления, плотные массы.
- Сп. — совершенная по призме (110) под углом $125^\circ 37'$.
- Цв. — от коричневого до зеленоватого.
- Бл. — стеклянный, иногда перламутровый.
- О. с. — при нагревании переходит в энстатит.
- Тв. — 5,5—6.
- Уд. в. — колеблется в зависимости от содержания железа от 2,8—3,2.
- Исп. — не растворим в кислотах. После сплавления дает реакции на кремний и железо. Острая биссектриса у антофиллита параллельна (100), у жедрита — перпендикулярна. Угол оптических осей большой, показатели преломления и двупреломления большие и колеблются в зависимости от содержания $FeSiO_3$. $Ng - Np = 0,013 - 0,024$; $Nm = 1,63 - 1,66$.
- Ген. — антофиллит по преимуществу минерал кристаллических сланцев и контактных метаморфических роговиков и др., происходящих из богатых магнием пород. Иногда слагает сланцевые породы — антофиллититы с гранатом, силлиманитом и др.

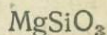
Гл. м. — Значительное месторождение антофиллит-асбеста в Сысертском районе Свердловской обл. в 16—17 км от ст. Мраморской. Кольский полуостров, Гиндукуш и другие районы развития метаморфических сланцев.

Значительные месторождения близкого к антофиллиту волокнистого амозита — в северо-восточном Трансваале и Капской провинции.

Изм. — переходит в тальк и гидрат окиси железа.

Э. н. м. — антофиллит — лат. антофиллиум — гвоздика, жедрит — по местности Жедр во Франции.

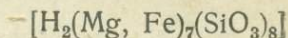
43. Купферит



Сп. — по призме $55^\circ 30'$.

Уд. в. — 3,08. Не растворим в кислотах.

44. Куммингтонит

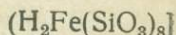


Волокнистые или пластинчатые кристаллы.

Сп. — по призме $54^\circ 48'$.

Уд. в. — 3,1—3,3.

45. Грюнерит

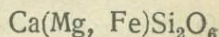


Волокнистые или пластинчатые массы

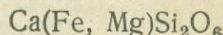
Сп. — по призме 124° , полисинтетические двойники по (100).

Уд. в. — 3,7. Сплавляется в черный магнитный королек.

46. Тремолит



47. Актинолит



Лучистый камень

О. ф. — иголецкие, волокнистые кристаллы, лучистые агрегаты, сплошные, зернистые разности.

Сп. — совершенная по (100) под углом $124^\circ 11'$.

Цв. — тремолит белый, светлосерый, актинолит — зеленоватый, яркозеленый.

Бл. — стеклянный, иногда перламутровый.

Тв. — 5—6.

Уд. в. — 2,9—3,2.

Исп. — не растворим в кислотах, с плавнями получаются отчетливые реакции на Si и Fe.

Тупая биссектрисса образует со спайностью угол от 15° до 18°

$$-2V = 75 - 84^\circ 5; Ng - Np = 0,024 - 0,027.$$

Разн. — волокнистые разности представляют амфиболовый асбест, отличающийся от хризотил-асбеста большей хрупкостью, но и большей стойкостью против кис-

лот, почему и употребляется в химической промышленности. Нефрит — микрокристаллические массы спутанно-волокнистого строения (так называемая пилотическая или войлочная структура). Последняя обуславливает необычайную вязкость и механическую прочность нефрита. Цвет нередко очень красив — различных оттенков — зеленого до молочно-белого; просвечивает в тонких краях. В неолитическом веке нефрит играл большую роль, служа материалом для изготовления топоров, ножей, скребков и других орудий.

- Ген. — метаморфические сланцы и контакты.
Изм. — переходит в тальк, щелочноземельные карбонаты, в гидраты железа и опал.
Прим. — Нефрит применяется как ювелирный и поделочный камень; роговообманковый асбест — в химической промышленности для изготовления кислотоупорных фильтров и для других целей.
Гл. м. — районы развития метаморфических сланцев и контактов. Месторождения нефрита в Саянском хребте в бассейнах рек Китоя, Онота и Урика; на Урале гора Бикиляр, в Кашгаре — в отрогах Куэнлуня и других местах.

Наиболее крупные месторождения роговообманкового асбеста находятся в Южной Африке.

- Э. н. м. — тремолит назван по долине Тремола в Швейцарии. Актинолит или актинол от греч. лучистый камень; нефрит — древние греки применяли как средство для лечения почек (нефрит — болезнь почек).

48. Уралит

Зеленый амфибол, образованный в результате изменения пироксена. По составу и по оптическим свойствам близок к актинолиту. Представляет собой псевдоморфозу по пироксену, где микроскопические волокна уралита вытянуты в направлении длинной оси пироксена.

В первой половине прошлого столетия немецкий ученый Розе наблюдал впервые такое преобразование пироксена на Урале, откуда и произошло название минерала.

49. Роговая обманка $p(\text{Mg, Fe, Ca})\text{SiO}_3 + q(\text{Mg, Fe})(\text{Al, Fe})\text{SiO}_6$

- Х. с. — наиболее сложный из метасиликатов; кроме элементов, указанных в формуле, могут присутствовать также щелочи, титан, хлор.
О. ф. — короткостолбчатые или удлинённые призматические кристаллы, вкрапленные зерна, зернистые, лучистые, спутанно-волокнистые агрегаты.
Сп. — совершенная по (110) под углом $124^\circ 11'$, заметная по (010); раздельность по (100) и (001) в связи с пластинчатыми двойниками в этом направлении.

- Цв. — черный, коричневый, зеленоватый, голубовато-зеленый (паргасит).
 Бл. — стеклянный до металлоидного, отчего в прежнее время смешивали с металлическими рудами.
 Тв. — 5,5—6.
 Уд. в. — 3,0—3,47.
 Исп. — не растворим в кислотах; с плавнями дает реакцию на железо и кремнезем.
 $2V$ от 56° до 82° , у паргасита оптический знак положительный, у роговой обманки отрицательный, $Nm = 1,61—1,73$. У базальтической роговой обманки, содержащей титан, показатель преломления и дву-преломления выше, чем у обыкновенной роговой обманки; $Ng—Np = 0,019—0,068$.

Резко выраженный плеохроизм:

	x	y	z
Паргасит	Зеленовато-желтый	Изумрудно-зеленый	Зеленовато-голубой
	x	y	z
Роговая обманка	желтый или светлокори- чевый	голубовато-зе- леный или красновато-ко- ричевый	зеленовато-го- лубой или красно-кори- чевый
Базальти- ческая рого- вая обманка	светложелтый или светлокори- чевый	темно- коричневый	темнооливково- зеленый или темно- коричневый

- Разн. — паргасит — с малым содержанием железа и наличием какого-то фтористого соединения; базальтическая роговая обманка — содержит значительные количества титана.
 Ген. — породообразующий минерал многих изверженных и излившихся пород среднекислотного типа (диоритов, андезитов, трахитов, сиенитов); также образуется на контактах и в области метаморфических пород.
 Изм. — переходит в тальк, серпентин, хлорит, эпидот, биотит, магнезит; в коре выветривания дает карбонаты кальция и магния, опал и гидраты окиси железа.
 Прим. — пока применения не имеет.
 Гл. м. — встречается повсеместно в районах развития изверженных пород, контактов и кристаллических сланцев.
 Э. н. м. — амфибол от греч. — амфиболос — двуличный, так как принимался прежде рудокопами за руду; паргасит по о. Паргасу в Финляндии; роговая обманка — перевод с немецкого названия „горнбленде“,

данного в средние века саксонскими минералогами, которые смешивали этот минерал с рудой.

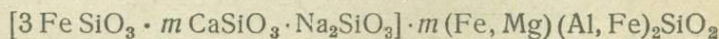
50. Глаукофан $m[\text{CaSiO}_3 \cdot 3(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3] \cdot n\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

- Х. с. — сложный щелочный амфибол; всегда содержит воду; иногда присутствует феррисиликат $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ — железистый глаукофан.
О. ф. — плохо сформированные призматические кристаллы; столбчатые, волокнистые, зернистые агрегаты.
Цв. — лазурно-синий, сероватый, синевато-черный.
Бл. — стеклянный, перламутровый.
Тв. — 6—6,5.
Уд. в. — 3—3,15.
Исп. — не растворим в кислотах.
Разн. — гастингсит — железистый глаукофан.
Ген. — метаморфические породы (сланцы, глаукофановые сланцы, эклогиты и др.).
Э. н. м. — от греческого — кажусь сине-зеленым.

51. Рибекит $m[\text{CaSiO}_3 \cdot 3(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3] \cdot n\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

- Х. с. — сложный щелочной амфибол. Всегда содержит воду.
О. ф. — длиннопризматические кристаллы, волокнистые агрегаты.
Цв. — темноголубой до черного.
Тв. — 4.
Уд. в. — 3,44.
Исп. — не растворим в кислотах.
— $2V$ — большой; $Nm = 1,615$; $Ng - Np = 0,004$.
Разн. — волокнистая разность называется крокидолит или голубой асбест.
Ген. — образуется в метаморфических сланцах.
Прим. — как роговообманковый асбест.
Гл. м. — известен в Кривом Роге и в Хакасии; крупные месторождения в Южной Африке (в северо-восточном Трансваале и Оранжевой республике).
Э. н. м. — по фамилии исследователя Рибек; „Тигровым глазом“ называется крокидолит, в котором часть волокон метасоматически замещена кварцем. Применяется как поделочный камень.

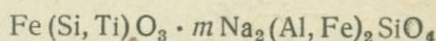
52. Арфведсонит



- Х. с. — сложный щелочно-железистый амфибол; всегда содержит воду.
О. ф. — удлиненные призматические, часто табличатые кристаллы.

- Цв. — черный, в тонких краях темнозеленый.
 Бл. — стеклянный.
 Тв. — 5,5.
 Уд. в. — 3,45.
 Исп. — плавится в темный магнитный шлак. Не растворим в кислотах, $Nm = 1,69$.
 Ген. — породообразующий минерал щелочных горных пород, например, нефелиновых сиенитов.
 Изм. — изменяется в карбонаты, опалы и гидраты железа.
 Э. н. м. — в честь проф. Арфведсона.

53. Энигматит



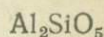
Коссирит

- Алюмосодержащий титаносиликат Na и Fe
 О. ф. — призматические удлиненные кристаллы с углом спайности по призме 114° .
 Цв. — черный, цвет черты красновато-коричневый. Сильный плеохроизм.
 Тв. — 5,5.
 Уд. в. — 3,74—3,85.
 Исп. — частично разлагается кислотами.
 $Nm = 1,80; Ng - Np = 0,006$.
 Ген. — породообразующий минерал нефелиновых сиенитов.
 Гл. м. — Хибинские тундры, Грузия (Кахетия) и др.
 Э. н. м. — от греч. энигма — загадка, химический состав этого минерала долго не могли определить.

КОМПЛЕКСНЫЕ АНГИДРИДЫ

Полиморфные разности — силлиманит — андалузит — дистен

54. Силлиманит

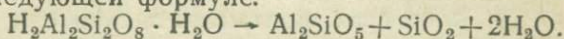


Фибролит

- Х. с. — комплексный ангидрид; Al_2O_3 — 63,2%; SiO_2 — 36,8%.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — обычно шестоватые, игольчатые и волокнистые агрегаты; реже представлен вытянутыми призматическими кристаллами.
 Сп. — совершенная по (010).
 Цв. — бесцветный, желтоватый, зеленоватый, сероватый, коричневый, голубой.
 Бл. — стеклянный или жирный.
 Тв. — 6—7.
 Уд. в. — 3,23.

Исп. — при нагревании выше 1545° разлагается на муллит и на жидкость; при 1810° — вторая точка плавления с разложением муллита и образованием корунда; около 1900° — третья и окончательная точка плавления вещества. Не растворим в кислотах, после прокаливании дает отчетливую реакцию на алюминий с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$.
 $+ 2V = 30 - 25^{\circ}$; $Nm = 1,658 - 1,660$; $Ng - Np = 0,020 - 0,023$.

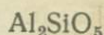
Ген. — образуется в области метаморфических сланцев, также на контактах магмы с глинистыми породами — путем метаморфизации каолина при высоком давлении и температуре; молекула каолина распадается по следующей формуле:



Прим. — огнеупор высокого качества.

Э. н. м. — в честь американского ученого Бенджамена Силлимана Дэна.

55. Андалузит



Х. с. — комплексный ангидрид — полиморфная разность силлиманита.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — ромбические призмы с пинакоидом, преобладают столбчатые формы.

Сп. — совершенная по (110).

Цв. — (невыветрелых разностей) — зеленый, иногда красный; обычно тусклосерый, реже фиолетовый, мясокрасный.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 7,5.

Уд. в. — 3,1—3,3.

Разн. — хиастолит — кристаллы, дающие в перпендикулярном сечении фигуры креста (в связи с углистыми включениями).

Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; при 1500° переходит в муллит и стекло. Не растворим в кислотах; после прокаливании с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ дает отчетливую реакцию на алюминий.

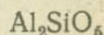
— $2V = 83^{\circ}6' - 75^{\circ}$; $Ng - Np = 0,010 - 0,007$.

Ген. — область метаморфических сланцев; нередко на контактах изверженных пород с глинистыми сланцами.

Прим. — в качестве высокоогнеупорного и кислотоупорного сырья.

Э. н. м. — по местности Андалузия в Испании.

56. Дистен



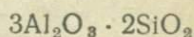
Кианит

Х. с. — полиморфная разность силлиманита.

К. с. — триклинная.

- О. ф. — длинные плоские призмы обычно с деформированными концами.
- Сп. — параллельно пинакоиду.
- Цв. — голубой, серый, белый. Исключительно сильный плеохроизм.
- Тв. — 4—7,5 на разных гранях.
- Уд. в. — 3,6—3,7.
- Исп. — перед паяльной трубкой неплавок, не растворим в кислотах, дает реакцию на алюминий с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ — $2V = 82^\circ$; $Nm = 1,722$; $Ng - Np = 0,015$.
- Ген. — область метаморфических сланцев, особенно высоких давлений (типично „стрессовый“ минерал, в ассоциации с гранатом, ставролитом и др.). Образуется также в процессах контактно-пневматолитического типа.
- Прим. — голубые разности применяются как ювелирный камень и в физических приборах, большие скопления используются как высококачественное огнеупорное сырье.
- Гл. м. — в СССР ряд крупных месторождений кианита и силлиманита: Челябинская обл. (Борисовское, Михайловское месторождения в Качкарском районе, в зоне контакта гранитов со слюдяными сланцами); Карельская АССР (в Шуерецком районе, с гранатом: кианитовые гнейсы по р. Кемь и др.); Якутская АССР — Чайнытское месторождение (с корундом).
- Э. н. м. — от греч. дис и стenos — различный по сопротивлению, название дано вследствие разной твердости на разных гранях.
Кианит — греч. кианос или, правильнее, цианос — синий.

56а. Муллит



Керамит

- Х. с. — Al_2O_3 — 71,83; SiO_2 — 28,17.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — длиннопризматические, игольчатые волокнистые кристаллы, сростки, пачки, войлокообразные скопления.
- Цв. — бесцветный.
- Тв. — 7.
- Уд. в. — 3,16.
- Исп. — $Np = 1,642$; $Ng = 1,654$; $+2V = 45-50^\circ$; температура плавления 1850° .
- Ген. — образуется при высоких температурах из каолина, минералов силлиманитовой группы.
- Гл. м. — в лавах о. Мулл в Шотландии среди сплавленных глинистых включений.

Искусственное получение применяется широко путем сплавления в электропечах смесей глинозема и кварца, а также кианита, андалузита, силлиманита. Синтетический „муллит“

представляет механическую смесь игольчатых кристаллов муллита, корунда и стекловатой массы плавленного кварца. Химический состав такой смеси приблизительно 87,64% муллита и 12,36% кремнекислоты.

Прим. — в производстве сверхогнеупоров.

Э. н. м. По местонахождению.

Группа полевых шпатов

Полевые шпаты составляют главную массу горных пород. Их делят на три подгруппы:

- I — калиево-натриевые полевые шпаты;
- II — кальциево-натриевые (плагиоклазы);
- III — калиево-бариевые

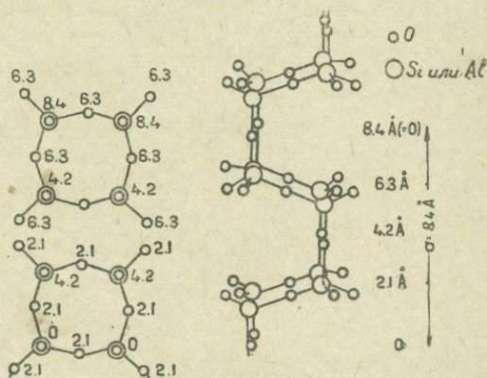
К первой подгруппе относятся:

Ортоклаз $K_2Al_2Si_6O_{16}$ моноклинной сингонии;

Натровый ортоклаз $(Na, K)_2Al_2Si_6O_{16}$ моноклинной сингонии;

Микроклин $K_2Al_2Si_6O_{16}$ триклинной сингонии;

Натровый микроклин $(Na, K)_2Al_2Si_6O_{16}$ триклинной сингонии.



Фиг. 78. Структура полевых шпатов.

Эти соединения являются солями алюмокремневой кислоты $H_2Al_2Si_6O_{16}$, соответствующей безводному термьериту $(H_2Al_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O)$.

Ко второй подгруппе относятся:

Альбит (Ab) $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ триклинной сингонии;

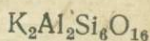
Анортит (An) $CaAl_2Si_2O_8$ " " "

Альбит является натровой солью термьеритовой кислоты; анортит — кальциевой солью каолиновой кислоты ($H_2Al_2Si_2O_8$). Альбит и анортит образуют друг с другом изоморфные смеси во всех пропорциях. Их называют плагиоклазами.

К третьей подгруппе относятся изоморфные смеси ортоклаза (Or) $K_2Al_2Si_6O_{16}$ и цельзиана (Ce) $BaAl_2Si_2O_8$; гиалофан от (Or)₇₅(Ce)₂₅ до (Or)₂₅(Ce)₇₅.

На фиг. 78 представлена структура полевых шпатов. Из группы полевых шпатов рассмотрим ортоклаз, микроклин, альбит, анортит, олигоклаз, андезин, лабрадор и битовнит.

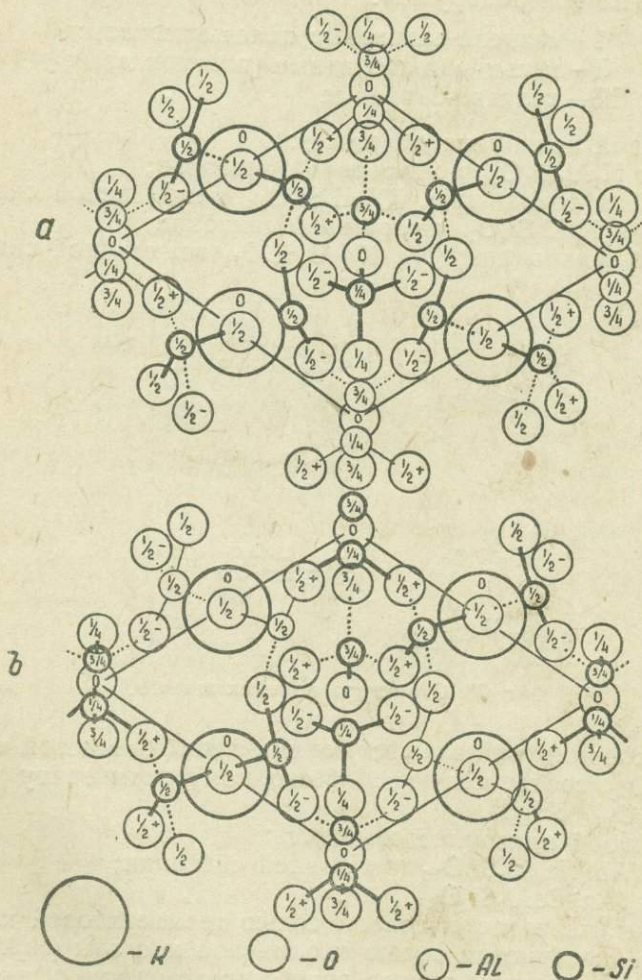
57. Ортоклаз



Калиевый полевой шпат

Х. с. — SiO_2 — 64,7%; Al_2O_3 — 18,4%; K_2O — 16,9%; часто присутствует натрий.

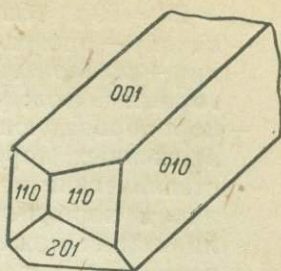
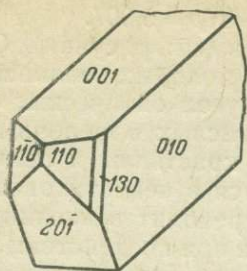
К. с. — моноклинный (фиг. 79).



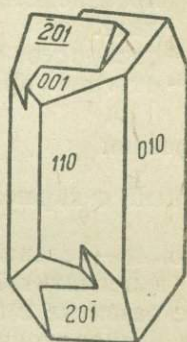
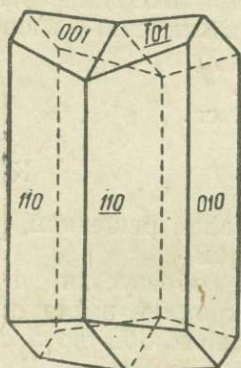
Фиг. 79. Структура ортоклаза (а) и микроклина (б).

О. ф. — короткопризматический или толстотаблитчатый (фиг. 80); также сплошные массы. Обычно наблю-

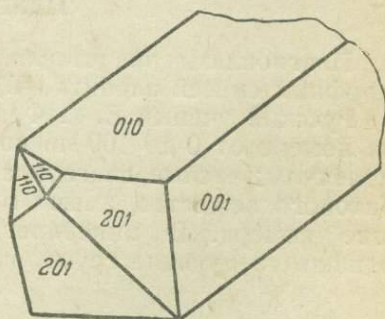
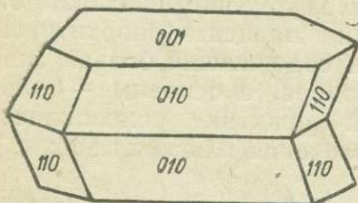
даются двойники: карлсбадские—фиг. 81, манебахские—фиг. 82, бавенские—фиг. 83.



Фиг. 80. Ортоклаз.



Фиг. 81. Карлсбадские двойники.



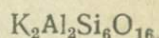
Фиг. 82. Манебахские двойники.

Фиг. 83. Бавенские двойники.

- Сп. — совершенная по двум взаимно перпендикулярным направлениям.
 Цв. — белый, красноватый, мясокрасный, реже желтоватосерый.
 Бл. — стеклянный, частью перламутровый.
 Тв. — 6.
 Уд. в. — 2,57.

- Исп. — плавится в тонких осколках, сплавляется с бурой в прозрачное стекло, дает реакции на калий, алюминий и кремний.
— $2V = 69^\circ$; $Nm = 1,523$; $Ng - Np = 0,007$.
- Разн. — адуляр — прозрачный ортоклаз (см. рисунки). Санидин — стекловатый ортоклаз молодых излившихся горных пород; у него малый угол оптических осей.
- Ген. — породообразующий минерал кислых и щелочных изверженных пород. Крупные кристаллы и поликристаллические массы образуются в пегматитовых жилах. В юре выветривания переходит в каолин; каолинизация может произойти и при воздействии мезотермальных растворов и при поствулканических процессах.
- Прим. — (вместе с микроклином) в керамике для фарфорового производства; адуляр (лунный камень) — в ювелирном деле.
- Гл. м. — распространенный минерал.
Э. н. м. — от греч. прямо раскалывается.

58. Микроклин



Триклинный с характерной двойниковой решеткой, видимой под микроскопом

Амазонит — зеленый микроклин, образуется преимущественно в пегматитовых жилах. Микроклин имеет преимущественное развитие в пегматитовых жилах, обычно в структурном или беспорядочном сростании с кварцем.

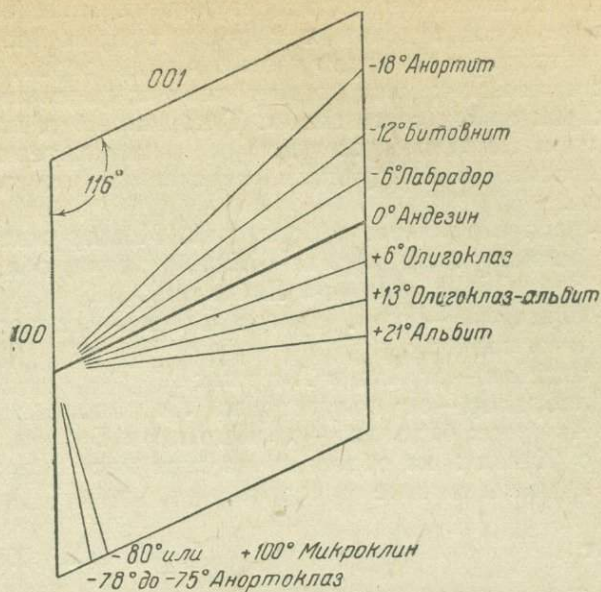
Плагиоклазы

Плагиоклазы представляют собой непрерывный ряд изоморфных смесей альбита (Al) и анортита (An).

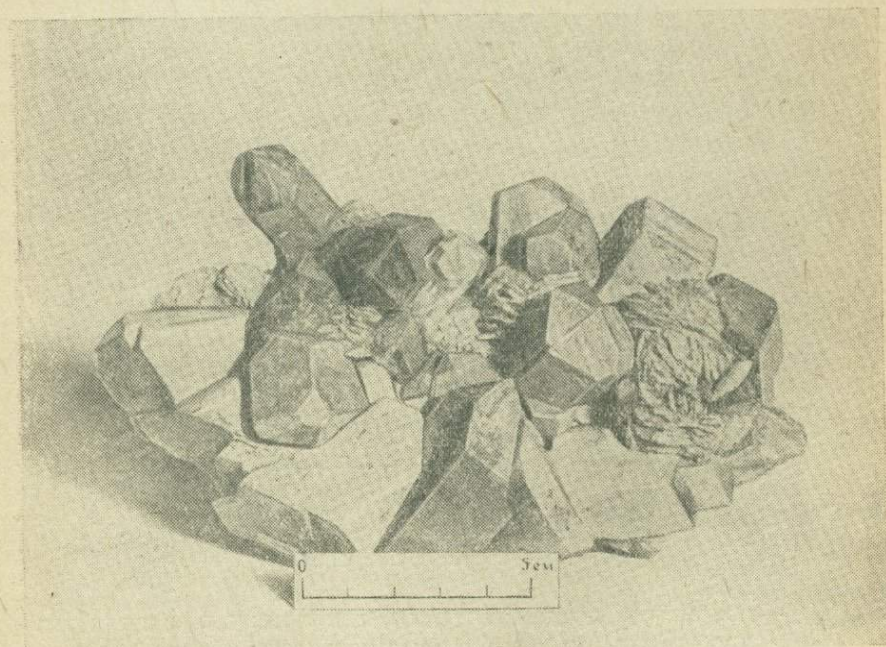
Русский ученый Е. С. Федоров ввел деление плагиоклазов на номера от 0 до 100 по содержанию процента анортитовой молекулы; кислые плагиоклазы, т. е. содержащие больше альбитового вещества, имеют малые номера, а основные — большие номера. В минералогической практике сохранились, однако, следующие групповые обозначения плагиоклазов:

	% Ab	% An
59 Альбит (Ab), $SiO_2 = 68,7$	90—100	1—10
60 Олигоклаз $Ab_{80}An_{20}$	70—90	10—30
61 Андезин $Ab_{60}An_{40}$	50—70	30—50
62 Лабрадор $Ab_{50}An_{50}$	30—50	50—70
63 Битовнит $Ab_{25}An_{75}$	10—30	70—90
64 Анортит An_{100} , $SiO_2 = 43,2$	1—10	90—100

Плагиоклазы определяются преимущественно оптическими методами. На фиг. 84 показаны углы погасания у различных полевых шпатов.



Фиг. 84. Углы с (001) ромбического сечения у различных полевых шпатов. Ромбическое сечение — плоскость двойниковых сростаний по триклиновому закону.



Фиг. 85. Сросток кристаллов ортоклаза, дымчатого кварца и альбита из пегматитовой жилы. Сел. Мурзинка, Урал.

Являясь главными породообразующими минералами, плагиоклазы не дают отдельных хорошо сформированных кристаллов, встречаясь большей частью в виде зерен, сплошных поликристаллических масс, порфиризовидных выделений, иногда весьма характерных и красивых. Так, например, многие габбро-нориты и сиениты служат декоративным материалом благодаря красиво иризирующим кристаллам лабрадора или олигоклаза.

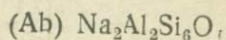
Гл. м. — распространены повсеместно. Месторождения поделочного лабрадорита — Житомирская обл. (УССР); Залив св. Павла (п-в Лабрадор).

Э. н. м. — олигоклаз — греч. олигос класис — немного раскалывающийся;

андезин — от Анд в Америке;

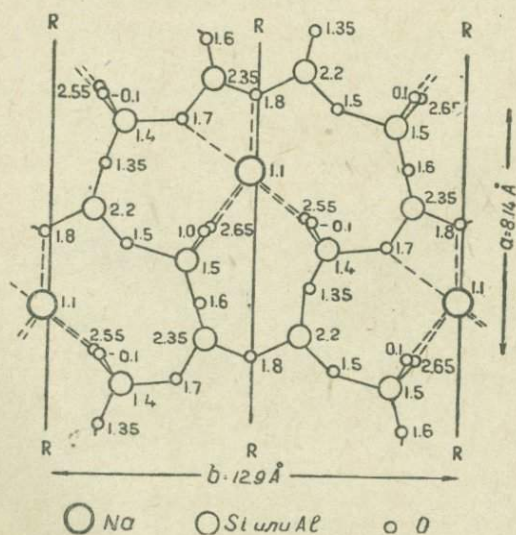
лабрадор — от полуострова Лабрадора в Северной Америке; битовнит — по местности Битоун, Онтарио, в Канаде; на образцах из этих мест впервые были изучены данные минералы.

59. Альбит



Х. с. — SiO_2 — 68,7%; Al_2O_3 — 19,5%; Na_2O — 11,8%; кислый плагиоклаз.

К. с. — триклинный (фиг. 86).



Фиг. 86. Структура альбита.

О. ф. — обычно в призматических или толстопластинчатых двойниках по альбитовому закону; также друзы, зернистые массы.

Сп. — совершенная.

Цв. — белый, реже желтый, бурый, зеленый, красный.

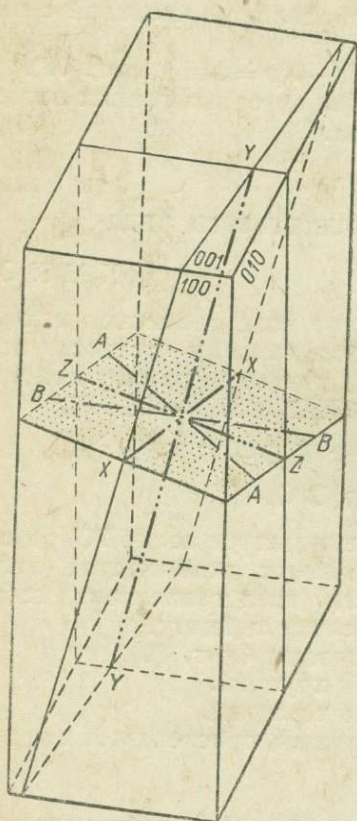
Бл. — стеклянный, перламутровый.

Тв. — 6—6,5.

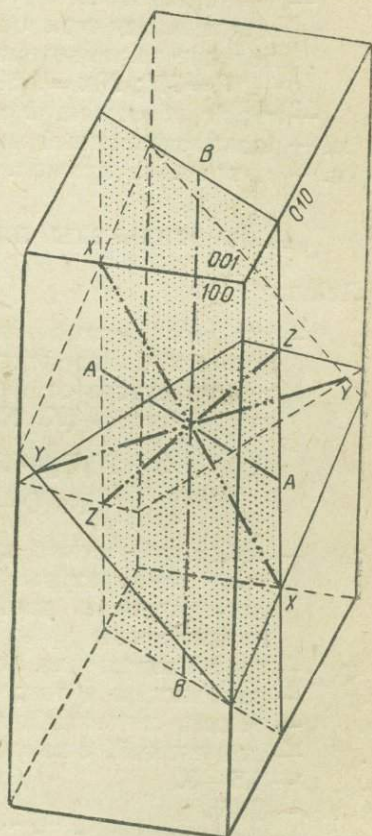
Уд. в. — 2,62—2,64.

Исп. — плавится с трудом, окрашивая пламя в желтый цвет от присутствия натрия. Оптическая ориентировка представлена на фиг. 87.

$+2V = 71^\circ$; $Nm = 1,529$; $Ng - Np = 0,011$; характерные полисинтетические двойники.



Фиг. 87. Альбит.



Фиг. 88. Анортит.

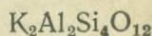
Ген. — главным образом минерал эпимагматический; выделяется в пегматитовых жилах, в водных жилах альпийского типа, образуется при гидротермальном изменении плагиоклазов (альбитизация). Нередок в метаморфических породах. При выветривании переходит в каолин.

Э. н. м. — от латинского альбус — белый.

- Х. с. — SiO_2 —43,2%; Al_2O_3 —36,7%; CaO —20,1%; основной плагиоклаз.
- К. с. — триклинная.
- О. ф. — редко встречается в короткостолбчатых кристаллах, обычно представлен зернами и зернистыми агрегатами.
- Сп. — совершенная.
- Тв. — 6—6,5.
- Уд. в. — 2,76.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится с трудом; разлагается концентрированной соляной кислотой с выделением кремнезема
— $2V = 77^\circ$; $Nm = 1,583$; $Ng - Np = 0,013$ (фиг. 88).
- Ген. — породообразующий минерал основных горных пород.
- Гл. м. — распространенный минерал.
- Э. н. м. — от греч. не прямой.

Алюмосиликаты пиррофиллитового ряда

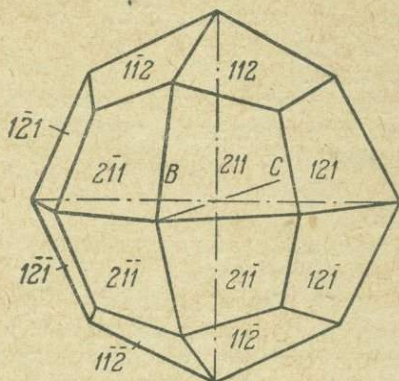
65. Лейцит



- Х. с. — калиевый алюмосиликат; во всех лейцитах имеются примеси изоморфного ряда калия, в частности всегда присутствует натрий, поэтому формулу лейцита лучше писать $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$; SiO_2 —55,58%;
- Al_2O_3 —23,38%; K_2O —19,53%;
 Na_2O —1,50; CaO —0,01%.
- К. с. — псевдокубическая при температуре выше 700° ; ниже этой температуры появляются ромбические полисинтетические двойники, представляющие собой параморфозы по кубическому лейциту.
- О. ф. — трапецоэдры или лейцитозэдры (фиг. 89).
- Сп. — раковистый излом; очень хрупкий.
- Цв. — белый, сероватый, пепельно-серый.
- Бл. — стеклянный, в изломе жирный, просвечивает в краях.
- Тв. — 5,5—6.
- Уд. в. — 2,47.
- Исп. — разлагается в HCl с выделением порошкового кремнезема; после прокаливания обнаруживает щелочную реакцию; с азотнокислым кобальтом дает реакцию на алюминий.
- Опт. — наблюдается слабое двойное лучепреломление
 $Ng - Np = 0,001$.
Низкий показатель преломления $Nm = 1,509$.
- Ген. — породообразующий минерал главным образом излившихся пород, богатых калием и сравнительно бедных кремнеземом. Хорошо образованные свободные кристаллы лейцита наблюдаются в лавах Везувия.

Изм. — легко переходит в цеолит-анальцит — в третичных и современных лавах. В палеовулканических породах встречается псевдолейцит, который представляет собой смесь альбита, серицита, ортоклаза и нефелина.

Прим. — итальянцы пробовали добывать из него калий. Разложившиеся лейцитовые породы являются калиевым удобрением.

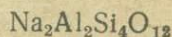


Фиг. 89. Лейцит.

Гл. м. — Италия — лавы вулканов Везувия и Монте-Соммы (лейцитолиты, италиты и т. п.). У нас в СССР имеются указания на нахождение лейцита в Закавказьи, Казахстане. В большинстве же месторождений оказываются псевдолейциты.

Э. н. м. — лейкос греч. — белый.

66. Жадеит



Х. с. — алюмосиликат натрия; Na — 59,4%; Al_2O_3 — 25,2%; Na_2O — 15,4%.

К. с. — моноклинный, скрытокристаллический.

О. ф. — плотные массы, очень похожие на нефрит.

Сп. — заметная.

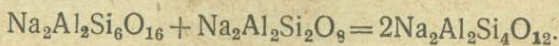
Цв. — изумрудно-зеленый, яблочно-зеленый, реже бледно-голубовато-зеленый, молочно-белый, пятнистый.

Тв. — 6—7.

Уд. в. — 3,3—3,5.

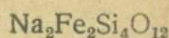
Исп. — $+2V = 71^\circ 56'$; $Nm = 1,654$; $Ng - Np = 0,012$.

Ген. — образуется в метаморфических сланцах, в результате десилификации альбитовых жил, на контактах с основными породами, в парагенезисе с альбитом, нефелином, амфиболом. Предполагают, что жадеит образуется при уплотнении частиц нефелина и альбита по уравнению:



- Прим. — ценный поделочный камень, как нефрит.
 Гл. м. — В верхней Бурме (Индостан) в бассейне р. Уру (Тау-
 мав и др.).
 Э. н. м. — от слова жад — драгоценная вещица.

67. Эгирин

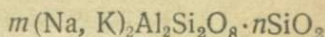


Акмит

- Х. с. — феррисиликат натрия; SiO_2 —52,0%; Fe_2O_3 —34,6%;
 Na_2O —13,4%.
 К. с. — моноклинная.
 О. ф. — вытянутые призмы, радиально-лучистые скопления.
 Цв. — зеленый, темнозеленый, черный.
 Бл. — стеклянный.
 Тв. — 6—6,5.
 Уд. в. — 3,5—3,55.
 Исп. — перед паяльной трубкой плавится в магнитный шарик;
 в HCl не разлагается.
 $-2V = 60^\circ 7'$; $Nm = 1,801$; $Ng - Np = 0,037$.
 Ген. — щелочные породы, пегматитовые жилы.
 Гл. м. — Хибинские тундры (эгирино-микроклиновые пегма-
 титы в нефелиновых сиенитах).
 Э. н. м. — Эгир — бог северных морей у норвежцев.

Продукты присоединения к алюмосиликатам

68. Нефелин



Элеолит

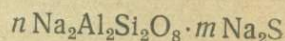
- Х. с. — SiO_2 —44,0%; Al_2O_3 —33,2%; Na_2O —15,1%; K_2O —7,7%.
 К. с. — гексагональная.
 О. ф. — обычно в виде плотных зернистых скоплений; реже
 в виде гексагональных призм.
 Сп. — неясная.
 Цв. — бесцветный, белый, желтоватый, серый, коричневый,
 красноватый, зеленоватый.
 Бл. — жирный, маслянистый.
 Тв. — 5,5—6.
 Уд. в. — 2,5—2,6.
 Исп. — плавится перед паяльной трубкой; легко разлагается
 соляной кислотой с выделением студня кремнезема;
 окрашивает пламя в желтый цвет. Оптически одно-
 осный, отрицательный; $No = 1,536$ —1,549; $Ne = 1,532$ —
 1,544; $No - Ne = 0,003$ —0,005.
 Ген. — порообразующий минерал; образует главную со-
 ставную часть нефелиновых или элеолитовых сиен-
 итов; в ассоциации с нефелином часто встречаются
 эгирин, циркон, апатит; редкоземельные минералы.
 Прим. — при известных условиях (например при комплексном
 использовании всех сопутствующих минералов) нефе-

лин может служить сырьем для получения силикагеля, металлического алюминия, натриевых соединений и др.; возможно также применение его в керамике, стеклоделии, дубильном деле и др.

Гл. м. — Хибинские и Ловозерские тундры (Мурманский край), громадные массивы нефелиновых пород — уртитов, йолитов и др.; Челябинская обл. — Ильменские и Вишневые горы (нефелиновые сиениты — „миаскиты“); Сталинская обл. — мариуполиты и др. За границей следует отметить месторождения Норвегии и Гренландии.

Э. н. м. — от греч. нефеле — облако, так как от действия HCl у нефелина получается помутнение; элеолит — масляный камень из-за блеска минерала.

69. Лазурит



Ляпис-лазурь, лазоревый камень

Х. с. — SiO_2 — 31,7%; Al_2O_3 — 26,9%; Na_2O — 27,3%; S — 16,9% (за вычетом кислорода 0—0,29).

К. с. — кубическая.

О. ф. — обычно встречаются в виде сплошных или мелких зернистых масс, ромбододекаэдры и кубы.

Цв. — густосиний-лазоревый, небесносиний, похожий на азурит, реже зеленоватый, фиолетовый.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 5,5.

Уд. в. — 2,38—2,45.

Исп. — после прокаливания на огне не теряет цвета, но перед паяльной трубкой сплавляется; разлагается соляной кислотой с выделением сероводорода и студенистой кремнекислоты; оптически изотропный, $N = 1,50$.

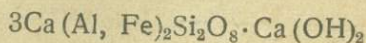
Ген. — контактовый минерал, образующийся при воздействии кислых или щелочных изверженных пород на известняки; часто сопровождается пиритом, гаюином, скаполитом, апатитом и др.

Прим. — ценный поделочный камень; природная синяя краска (ультрамарин).

Гл. м. — в Прибайкалье — Иркутская обл. — гнезда лазурита в контактно-метаморфизованных известняках по р. Быстрой и др. — Таджикская ССР (Горный Бадахшан). В Афганистане — по р. Кокча и др. Чили (Коквимбо); все месторождения относятся к одному типу.

Э. н. м. — по окраске.

70. Эпидот



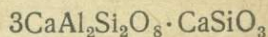
Фистацит

Х. с. — SiO_2 — 33,3%; Fe_2O_3 — 44,3%; CaO — 20,7%; H_2O — 1,7%.

К. с. — моноклинная.

- О. ф. — нередко в прекрасных, богатых формах кристаллах призматического габитуса; в шестоватых, игольчатых или лучистых агрегатах, зернистых или тонкопластинчатых скоплениях.
- Сп. — совершенная по (001).
- Цв. — зеленоватый, фишашково-зеленый, черновато-зеленый, черный.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 6—7.
- Уд. в. — 3,25—3,5.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится в пузыристое магнитное стекло. После сплавления разлагается HCl с выделением студенистого кремнезема. Оптически двуосный. $-2V = 73^{\circ}39' - 68^{\circ}53'$ в зависимости от содержания железа; чем больше железа, тем меньше угол оптических осей и тем больше сила двупреломления; $N_g - N_p = 0,033 - 0,051$. Наблюдается сильный плеохроизм.
- Ген. — образуется главным образом на контактах и в области метаморфизма среди богатых известью пород. В зоне гипергенеза обычна эпидотизация полевых шпатов, богатых анортитовой частицей. Эпидот в условиях коры выветривания является устойчивым минералом.
- Разн. — пьомонит — марганцовый эпидот. Пушкинит — крупные оливково-зеленые кристаллы с сильным плеохроизмом.
- Гл. м. — распространен широко в областях развития изверженных пород. Прекрасными кристаллами отличается Ахматовская копь в Назямских горах (Челябинская обл.) — на контакте габбро с известняками, с везувианом, гранатом, сфеном и др.
- Э. н. м. — от греч. эпидосис — приращение; название дано Гаюи потому, что у кристаллов эпидота одна сторона длиннее, чем другие.

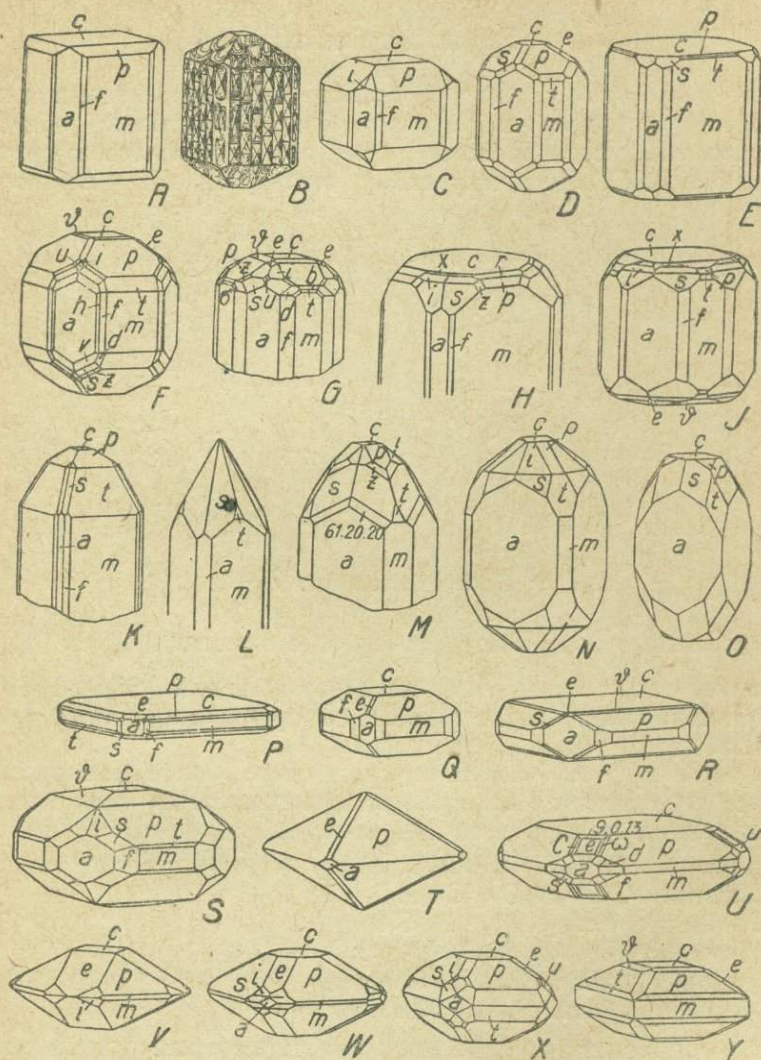
71. Везувиан



Вилуит — идокраз

- Х. с. — часто содержит воду, фтор, железо, магний, титан, бор.
- К. с. — тетрагональная.
- О. ф. — хорошо развитая, тетрагональная призма с бипирамидами (фиг. 90). Шестоватые агрегаты, кристаллические массы.
- Сп. — незаметна.
- Цв. — темнозеленый, желтовато-зеленый, желтый, бурый.
- Бл. — стеклянный, в изломе жирный или смолистый.
- Тв. — 6,5.
- Уд. в. — 3,35—3,45.

Исп. — перед паяльной трубкой сплавляется со вскипанием. Разлагается кислотами после сплавления. Оптически одноосный, отрицательный. $N_o=1,705-1,736$; $N_e=1,701-1,732$; $N_o - N_e=0,001 - 0,006$. Наблюдается сильный плеохроизм.



Фиг. 90. Кристаллические формы везувиана.

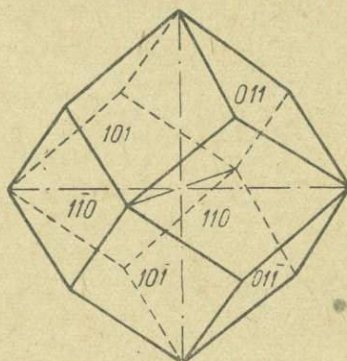
a (100), h (310), f (210), m (110), c (001), t (331), b (221), p (111), r (112), ϑ (113), u (201), e (101), v (511), s (311), z (211), ω (377), G (299), i (132), x (133), d (421), σ (531). Месторождения: А, В, U — Везувий; В — Виллой; С, J — Церматт; D — Пайсберг; E, N — Мусса Альп; F — Альбанские горы; D, S — Пфитц; H — Абердиншир; K, V, W, X, Y — Ахматовская сопка; L — Саасталь; M — Урал; O — Сува; P, Q — Арвольд; T — Чиклова.

Ген. — образуется преимущественно на контактах изверженных пород и известняков; известен в лавах.

Гл. м. — знаменитая Шимширская копь на Южном Урале — с диопсидом, лейхтенбергитом, магниоферритом и др. Якутская АССР по рр. Вилюю и Ахтарагде.
 Э. н. м. — по названию местностей, где впервые были найдены разности минерала (Везувий, Вилюй).

Группа граната

Минералы этой группы кристаллизуются преимущественно в форме ромбододекаэдров. Эта форма настолько обычна для гранатов, что в прежнее время она называлась гранатоэдром (фиг. 91). По химическому составу гранаты являются



Фиг. 91. Гранат.

алюмосиликатами каолинового ряда с присоединением ортосиликата, как это видно из общей формулы — $\overset{||}{R}\overset{||}{R}\overset{||}{R}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \overset{||}{R}_2\text{SiO}_4$.

Алюминий и кремний также изоморфно замещаются элементами своих рядов (Fe, Cr, Ti).

В этой группе выделяют следующие более распространенные соединения; многие из них смешиваются друг с другом в разных пропорциях:

Гроссулярь $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$

Андрадит $\text{CaFe}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$

Альмандин $\text{FeAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Fe}_2\text{SiO}_4$

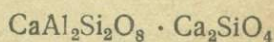
Пироп $\text{Mg}(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Mg}_2\text{SiO}_4$

Уваровит $\text{CaCr}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$

Спессартин $\text{MnAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Mn}_2\text{SiO}_4$

Из перечисленных минералов мы рассмотрим только первые три (фиг. 92).

72. Гроссулярь

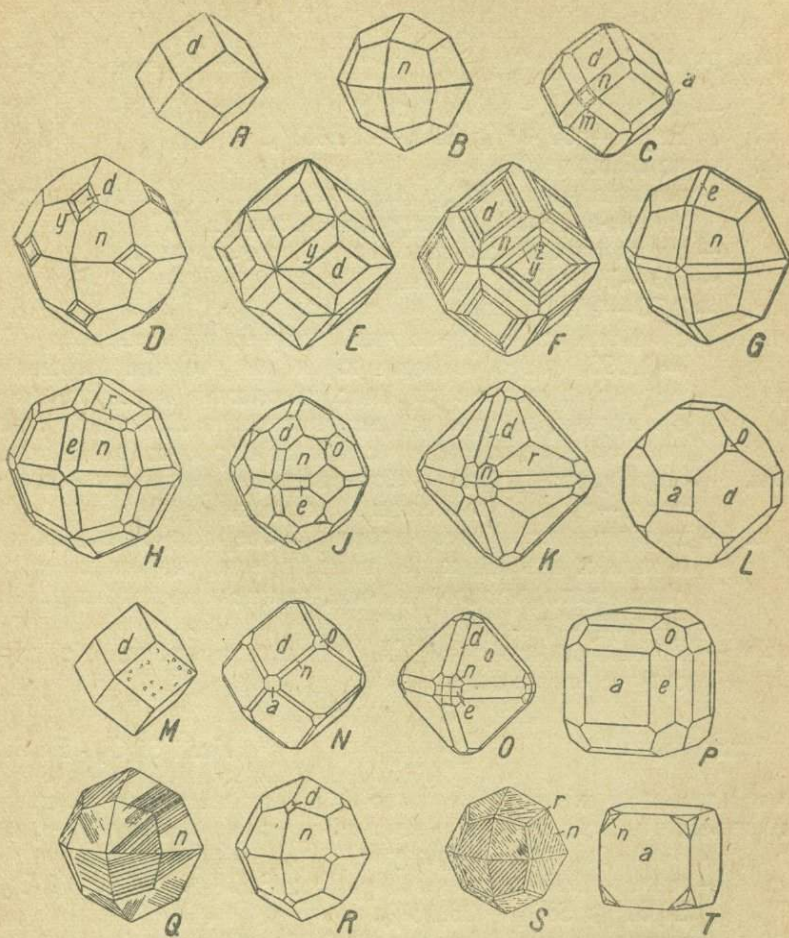


Известково-глиноземистый гранат

Х. с. — $\text{CaO} - 37,30\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 22,69\%$; $\text{SiO}_2 - 40,01\%$.

К. с. — кубическая.

О. ф. — ромбододекаэдры и трапецоэдры; сплошные зернистые массы.
 Цв. — желтовато-зеленый, зеленовато-белый, медово- и вино-желтый, светлооливково-зеленый, розово-красный, коричневый (гессонит, гиацинт).



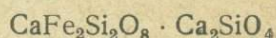
Фиг. 92. Кристаллические формы граната (А—Л), содалита (М—Р), лейцита (Q, R), анальцима (S, T).

a (100), d (110), o (111), e (210), n (211), m (311), r (332), y (431), z (541). А и В представляют наиболее частый облик граната. С — Пфитц; D, E — Забайкалье; F — Калабрия; G — Финляндия; H — Эльба; J — Цинтра; K — Авиглиана; L — Березовск; M, N, O — Альбанские горы; P — Лаахернское озеро; Q, R — Везувий; S — Шотландия; T — Этна.

Бл. — стеклянный.
 Тв. — 6,5 — 7,5.
 Уд. в. — 3,4 — 3,6.
 Исп. — сплавляется в немагнитный шарик; изотропный.
 $N = 1,735$.

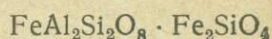
- Ген. — контакты известняков с кислыми изверженными породами.
 Гл. м. — распространенный минерал.
 Прим. — в прозрачных разностях — оградочный камень.
 Э. н. м. — по внешнему виду от лат. *grossula* — крыжовник.

73. Андрадит



- Х. с. — известково - железистый гранат; CaO — 33,06%; Fe_2O_3 — 31,49%; SiO_2 — 35,45%.
 О. ф. — ромбододекаэдры и трапецоэдры.
 Цв. — темнокоричневый, черный, коричневатозеленый, желто-зеленый, изумрудно-зеленый.
 Бл. — стеклянный, алмазный, в изломе жирный.
 Тв. — 6,5—7.
 Уд. в. — 3,70—4,0.
 Исп. — сплавляется в магнитный шарик, изотропный, $N = 1,895$, часто наблюдаются оптические аномалии.
 Ген. — метаморфические сланцы; контакты в парагенезисе с авгитом, эпидотом, везувианом и железной слюдой; водные жилы в основных породах (демантоид).
 Прим. — изумрудно- или желто-зеленые разности — демантоид — ценный ювелирный камень.
 Гл. м. — драгоценного демантоида — Свердловская обл. — в жилах альпийского типа среди основных пород Нижнетагильского района, также в россыпях р. Полдневой и др.
 Э. н. м. — в честь минералога д'Андрада; демантоид — по сходству с алмазом.

74. Альмандин



- (альмандин, так же как демантоид и пироп, является гранатами ювелиров; старинное название красных гранатов — „карбункул“)
 Х. с. — железоглиноземистый гранат; FeO — 43,34%; Al_2O_3 — 20,51%; SiO_2 — 36,15%.
 Цв. — темнокрасный, фиолетовый, буро-красный, бурый.
 Бл. — на гранях стеклянный, на изломе жирный.
 Тв. — 7,0—7,5.
 Уд. в. — 4,10—4,3.
 Исп. — сплавляется в магнитный шарик, изотропный, $N = 1,830$.
 Ген. — образуется как аксессуарный минерал, в изверженных кислых породах и пегматитовых жилах, но главным образом в различных кристаллических сланцах — амфиболитах, слюдяных сланцах и др. Скопляется в россыпях.
 Прим. — драгоценный камень и абразивный материал.

Гл. м. — В СССР — месторождения абразивного граната: Свердловская обл. — Осиновское месторождение алмазина на контакте гранита со свитой метаморфических пород; Глубочинское месторождение — амфиболитовые ксенолиты с гранатом в гранитогнейсах. Карельская АССР — Шуерецкое и другие месторождения (Еловый Наволок, Тербестров и др.) — крупнейшие кристаллы алмазина в плагиоклазовых амфиболитах, инъецированных гранитными пегматитами (фиг. 93).



Фиг. 93. Гранат-алмазин в виде ромбического додекаэдра. Карелия.

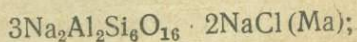
За границей — абразивный гранат в США, штат Нью-Йорк (Адирондэйк). Драгоценный алмазин — Южная Африка, Цейлон и др.

Э. н. м. — искаженное название от местности Алабанда в Малой Азии.

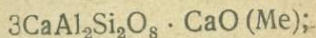
Группа скаполита (вернерита)

В группе скаполита объединяются изоморфные смеси натрового и кальциевого алюмосиликатов:

75. Мариалит



76. Мейонит



наряду с CaO часто присутствует CaCO_3 .

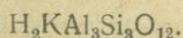
- Х. с. — изоморфная смесь (Ma) и (Me), кроме указанных выше. Наиболее обычен вернерит (собственно скаполит) Me₈₀Ma₂₀.
- К. с. — тетрагональная.
- О. ф. — продолговатые квадратные, иногда очень крупные призмы и плотные зернистые массы.
- Сп. — заметная по (110).
- Цв. — белый, серовато-зеленый, зеленоватый, синий, красноватый.
- Бл. — стеклянный, иногда жирный.
- Тв. — 5,5—6.
- Уд. в. — 2,55—2,80.
- Исп. — плавится, разлагается в HCl. Одноосный мариалит — положительный, $Ng - Np = 0,006$; дипир — отрицательный, $Ng - Np = 0,008 - 0,025$; мейонит — отрицательный, $Ng - Np = 0,035 - 0,040$.
- Ген. — наиболее обычно образование скаполитов в зонах контактов магматических и известковых пород; часто они являются продуктами термальной переработки (скаполитизации) плагиоклазов изверженных и излившихся пород.
- Гл. м. — Слюдянское (Иркутской обл.) пневматолито-контактное месторождение флогопита с крупными кристаллами скаполита, друзами диопсида (байкалита), фтор-апатита (мороксита), кальцита, роговой обманки и др.
- Э. н. м. — от греч. скапос — столб и литос — камень, по форме кристаллов.

Группа слюд

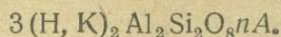
В эту группу объединяют листоватые минералы, обладающие совершенной спайностью по пинакoidу, благодаря чему они расщепляются на тонкие, гибкие и упругие листы. Химически они представлены водосодержащими алюмосиликатами щелочей, магния и железа. На фиг. 94 показана структура слюды, в основном объясняющая листоватый ее характер. Несмотря на то, что эти минералы известны очень давно, их химический состав не уточнен.

По акад. В. И. Вернадскому, в состав слюды входит как одна из главных частей каолинового типа частица $H_2Al_2Si_2O_8$ или слюдяное ядро, представленное каолином, в котором часть водорода замещена на калий (H, K)₂Al₂Si₂O₈.

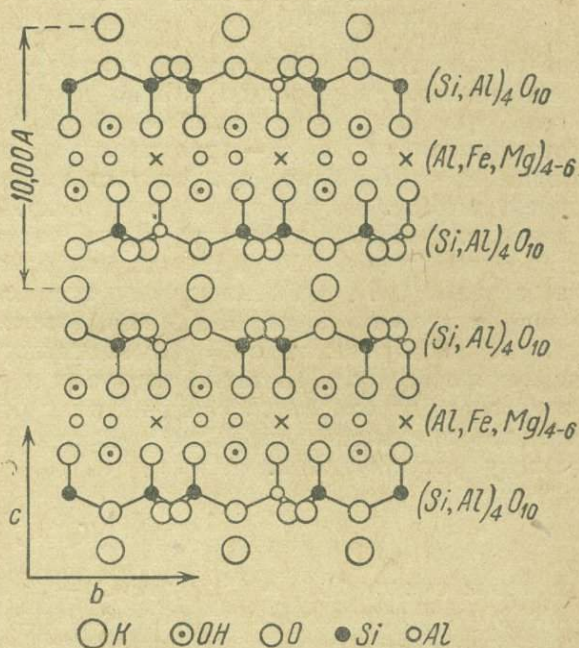
Винчелл пишет эту формулу увеличенной в три раза, считая, что водорода в два раза больше калия, т. е. $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$; некоторые авторы сокращают ее вдвое, и тогда формула принимает такой вид:



Кроме этого, в состав слюд входит еще ряд элементов, не укладываемых в эту формулу, — это щелочи, щелочные земли и следы тяжелых металлов и кремнезем. Этот добавок обозначается буквой А.



В состав слюд входит в неопределенных количествах вода, Аq, выделяющаяся лишь при высокой температуре. Таким образом общая формула слюд будет: $3(\text{H, K})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{A} \cdot m\text{Aq}$ или $\text{H}_4\text{K}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24} \cdot n\text{A} \cdot m\text{Aq}$. В дальнейшем мы будем пользоваться упрощенными формулами.



Фиг. 94. Структура слюды.

Различают слюды: по окраске — светлые и темные, по химическому составу — щелочные и магнезиально-железистые.

К слюдам первого рода относятся:

Мусковит	— $\text{H}_4\text{K}_2(\text{Al, Fe})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Дамурит	— гидромусковит
Серицит	— тонкочешуйчатый, обогащенный водой мусковит
Фуксит	— $\text{H}_4\text{K}_2(\text{Cr, Al})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Парагонит	— $\text{H}_4\text{Na}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Роскоэлит	— богатый ванадием мусковит
Лепидолит	— $\text{H}_4\text{K}_2\text{Li}_2\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{22}$
Полилитионит	— $\text{H}_8\text{K}_2\text{Li}_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}$
Протолитионит	— $\text{H}_4\text{K}_2\text{Fe}_3\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{22}$
Циннвальдит	— изоморфная смесь лепидолита, полилитионита и протолитионита

К слюдам второго рода относятся:

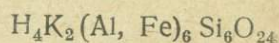
Флогопит	— $H_4K_2Mg_6Al_2Si_6O_{24}$
Истонит	— $H_4K_2Mg_5Al_4Si_6O_{24}$
Сидерофиллит	— $H_4K_2Fe_5Al_4Si_6O_{24}$
Аннит	— $H_4K_2Fe_6Al_2Si_6O_{24}$
Биотит	— изоморфная смесь этих четырех минералов
Лепидомелан	— изоморфная смесь этих минералов, с преобладанием аннита и сидерофиллита
Вермикулит	— гидробиотит.

Литиевые слюды рассматриваются в главе о литии. Здесь же из перечисленных разновидностей слюд рассматриваются только:

Мусковит	— светлая щелочная слюда
Биотит	— темная магнезиально-железистая слюда
Глауконит	— светлозеленая калиево-магнезиальная железистая гидрослюда

Все слюды относятся к моноклинной системе. На развитой плоскости пинакоида у слюд можно получить характерную фигуру удара в виде шестилучевой звезды, причем один луч будет иметь большую — сравнительно с другими — длину. По этим линиям можно, при отсутствии ясно выраженных граней, определять кристаллографическую ориентировку слюд, так как два луча фигуры удара располагаются параллельно ребрам призмы (110), а третий, наибольший луч — параллельно грани $b(010)$. Обычно слюды подразделяют на слюды первого и второго рода. К первым относят слюды, у которых плоскость оптических осей перпендикулярна $b(010)$, следовательно, перпендикулярна также главному лучу фигуры удара. Ко второму роду относятся слюды с плоскостью оптических осей, параллельной плоскости симметрии, а также и большому лучу фигуры удара.

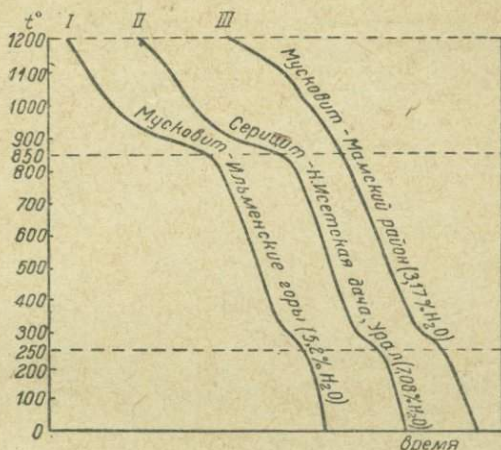
78. Мусковит



- Х. с. — калиевая слюда; SiO_2 — 45,2%; Al_2O_3 — 38,5%; K_2O — 11,8%; содержание воды колеблется от 2 до 5%.
- К. с. — моноклинная — псевдогексагональная.
- О. ф. — табличатые, иногда крупные кристаллы, редко хорошо образованные; пластинки, чешуйки, чешуйчатые агрегаты, скрытокристаллические плотные массы.
- Сп. — совершенная по пинакoidу.
- Цв. — белый — стекловидный, желтоватый, зеленоватый, розоватый.
- Бл. — стеклянный и перламутровый.
- О. с. — упругие, гибкие листочки.
- Тв. — 2,5—3.
- Уд. в. — 2,73—3.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится только в тонких концах; выделяет воду при прокаливании; не разлагается в кислотах.
- $2V = 47^\circ$; $Ng = 1,588$; $Nm = 1,582$; $Np = 1,552$; $Ng - Np = 0,036$.

Плоскость оптических осей почти перпендикулярна пинакoidу. В зависимости от состава мусковита термический характер изменения слюды будет различный, что видно на фиг. 95.

Ген. — выделяется мелкими чешуйками из гранитных глубинных магм вместе с биотитом в период главной кристаллизации; принимает также большое участие в пегматитовом процессе, где выделяется крупными табличатыми кристаллами (пачками), достигающими иногда размеров до 1 м^2 . В излившихся породах



Фиг. 95. Кривые нагрева мусковита.

обычно отсутствует, но как вторичный продукт может образоваться за счет переработки других алюмосиликатов (полевых шпатов, топаза, кианита и др.). Мелкозернистые, богатые водой разновидности мусковита называются серицитом, в изобилии образующимся в поствулканических термальных процессах, когда значительные зоны различных полевошпатовых пород под влиянием щелочных горячих вод „серицитизируются“. В широчайшем масштабе образуется мусковит также в реакциях динамометаморфического характера, причем полевошпатовые, глинистые и другие породы иногда нацело переходят в серицитовые или кварцево-серицитовые породы. Чешуйки мусковита (серицита) обычны в мраморах; при метаморфизме хромсодержащих основных пород образуется яркозеленая разновидность мусковита — фуксит.

Прим. — мусковит — ценный высокоизоляционный материал в электротехнике.

Гл. м. — Иркутская обл. — пегматитовые поля среди кристаллических сланцев в бассейне рр. Мамы и Чуи, при-

токов Витима; Карельская АССР (пегматиты северной Карелии) и др. За границей — Индия (Бенгалия) — пегматиты в архейских сланцах.

Э. н. м. — от итальянского слова Муска — Московия — московское стекло средних веков.

79. Группа биотита

Х. с. — в этой группе выделяют:

флогопит — богатый Mg и F, бедный железом;

биотит — богатый Mg и Fe;

лепидомелан — богатый железом.

Крайними членами этого ряда являются флогопит

$H_4K_2Mg_6Al_2Si_6O_{24}$ и аннит $H_4K_2Fe_6Al_2Si_6O_{24}$.



Фиг. 96. Кристалл флогопита. Слюдянка.

К. с. — моноклинная — псевдогексагональная.

О. ф. — нередко превосходные кристаллы очень крупных размеров, но, большей частью, неправильные пластинки, чешуйки и их агрегаты.

Сп. — совершенная по пинакоиду.

Цв. — черный, черно-зеленый, темнокоричневый, серебристо-белый (флогопит).

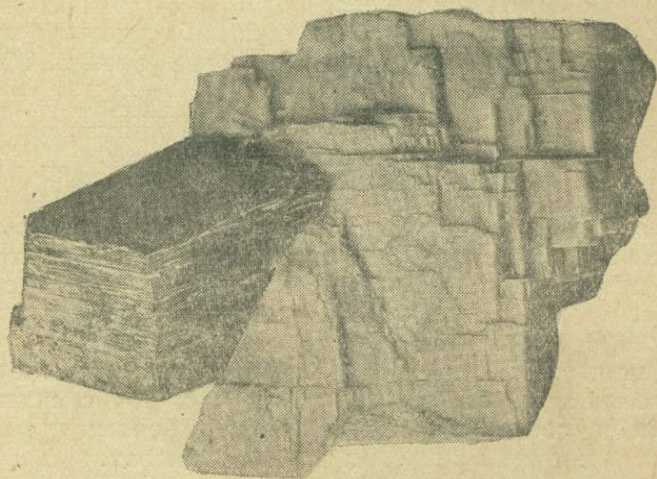
Бл. — стеклянный или перламутровый, иногда полуметаллический.

О. с. — гибкие эластичные листки, несколько более мягкие, чем у мусковита.

Тв. — 2,5—3.

Уд. в. — 2,7—3,1.

- Исп. — плавится с трудом; разлагается в H_2SO_4 .
 — $2 V$ от 10 до 0° ; $Ng = 1,635 - 1,690$; $Nm = 1,564 - 1,690$; $Np = 1,585 - 1,630$; $Ng - Np = 0,030 - 0,060$.
 Наблюдается сильный плеохроизм.
- Ген. — биотит — породообразующий минерал изверженных и излившихся горных пород (гранитов, гранодиоритов, сиенитов и др.). Мощные выделения его с кварцем и микроклином обычны в пегматитовых жилах. Образуется также в постмагматических водных процессах за счет амфиболов, пироксенов, оливина и др.

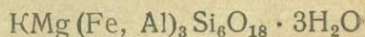


Фиг. 97. Кристаллы флогопита в кальците. Слюдянка, Байкал.

Флогопит образуется по преимуществу при взаимодействии магматических эманаций с известняками и доломитами. Чешуйки его наблюдаются в некоторых контактных мраморах (чипполинах).

- Прим. — в электроизоляции (флогопит).
- Гл. м. — биотит — всюду, где есть граниты, гнейсы и т. п. Флогопит — Слюдянское контактное месторождение в Иркутской области — с диопсидом, скаполином, апатитом и др. (фиг. 96, 97). За границей — месторождения флогопита в Канаде (Онтарио, Квебек) — слюдянского типа.
- Э. н. м. — в честь физика Био (открывшего явление вращения плоскости поляризации).

80. Глауконит



- Х. с. — гидрослюда, часто содержит литий и рубидий.
 К. с. — моноклинная.

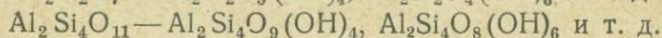
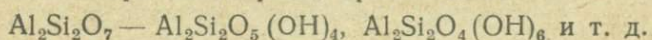
- О. ф. — чрезвычайно мелкие чешуйки, крупинки и зернышки, рассеянные в осадочных породах.
- Цв. — светлозеленый, серовато-зеленый, оливково-зеленый, синевато-зеленый.
- Тв. — 2.
- Уд. в. — 2,2—2,8.
- Исп. — $2V = 16-40^\circ$; $N_g = 1,623-1,645$; $N_p = 1,613-1,615$; $N_g - N_p = 0,02-0,03$.
- Ген. — образуется главным образом в сложных процессах диагенеза на дне морских бассейнов при взаимодействии глинистого вещества и органоминеральных коллоидов калия и железа.
- Прим. — для „смягчения“ вод; как удобрение; как краска.
- Гл. м. — очень распространен в осадках разных геологических систем.
- Э. н. м. — от греч. глаукос — синевато-зеленый.

Группа хлорита и хлоритоида

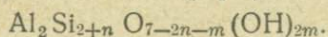
По внешнему виду эти минералы напоминают слюды, но их листочки не обладают такой эластичностью как первые; в большинстве случаев они окрашены в характерные зеленые или зеленоватые цвета, отчего и получили свое название (от греч. хлорос — зеленый, зеленовато-желтый).

По акад. В. И. Вернадскому, минералы группы хлорита и хлоритоида являются средними или кислыми солями и продуктами присоединения к солям многоосновных кремнеглиноземистых, кремнежелезистых и других кислот.

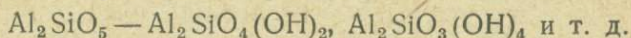
Кислоты хлоритового ряда, производные:



и аналогичные им ряды общей формулы:



Кислоты хлоритоидного ряда, производные:

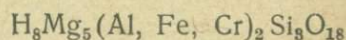


и аналогичные им ряды общей формулы — $\text{Al}_2\text{SiO}_{5-n}(\text{OH})_{2n}$.

В состав этих тел входят и щелочные земли, железо, хром, марганец, щелочи, галоиды и вода.

Из этой большой группы хлоритов и хлоритоидов мы рассмотрим только клинохлор и маргарит; первый относится к хлоритам, второй — к хлоритоидам.

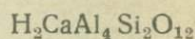
81. Клинохлор



Х. с. — (железисто) магнезиальный хлорит; $\text{SiO}_2 - 32,5\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 18,4\%$; $\text{MgO} - 36,1\%$; $\text{H}_2\text{O} - 13,0\%$; часто содержит железо, марганец и хром; последний замещает алюминий (кочубейт).

- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — псевдогексагональные чешуйки или таблички; сплошные, чешуйчатые, зернистые, землистые массы.
- Сп. — совершенная; гибкие, неэластичные листочки.
- Цв. — темнозеленый, иногда желтовато-зеленый и зеленоватый с красноватым оттенком.
- Бл. — перламутровый и шелковистый.
- Тв. — 2—2,5.
- Уд. в. — 2,6—2,9.
- Исп. — плавится с трудом; выделяет воду;
 $+2E = 0^\circ - 70^\circ$; $Nm = 1,57 - 1,59$; $Ng - Np = 0,004 - 0,010$.
- Ген. — частый компонент метаморфических сланцев (хлоритовых, талькохлоритовых, глинистых, эпидотовых, серицитовых и др.), образующихся главным образом в результате динамометаморфических процессов при участии горячих водных растворов. Ряд минералов, содержащих железо, магний, алюминий, переходит в этих условиях в хлориты. В изобилии выделяются хлориты также в результате поствулканической термальной переработки излившихся пород (пропилитизация). Образование хлорита наблюдается также в термальных жилах среди основных и средних пород.
- Разн. — лейхтенбергит — безжелезистый светлый хлорит — из Шишимских копей на Урале (Челябинская обл.); кочубейт с хромом — красновато-фиолетовый — из Уфалейской дачи, Урал (Челябинская обл.)
- Гл. м. — часто встречается в метаморфических сланцах Урала; прекрасные кристаллы в Ахматовской копи (см. везувиан, эпидот).
- Э. н. м. — от окраски в зеленый цвет (хлорос) и наклона оси в моноклинном кристалле.

82. Маргарит



Жемчужная слюдка

- Х. с. — кальциевый хлоритоид; $SiO_2 - 30,2\%$; $Al_2O_3 - 51,3\%$; $CaO - 14,0\%$; $H_2O - 4,5$.
- К. с. — моноклинная (псевдогексагональная).
- О. ф. — чаще всего в агрегатах — пластинчатых, чешуйчатых, листоватых.
- Сп. — совершенная, хрупкие листочки.
- Цв. — белый, желтоватый, сероватый, красноватый.
- Бл. — перламутровый, стеклянный.
- Тв. — 3,5—4,5.
- Уд. в. — 3,0—3,1.
- Исп. — плавится с трудом; разлагается серной кислотой
 $-2V = \text{до } 67^\circ$; $Nm = 1,643$; $Ng - Np = 0,013$.

- Ген. — вторичный минерал, образующийся в области метаморфических сланцев, нередко в связи с корундом, диаспором, магнетитом, ильменитом.
- Гл. м. — Челябинская обл., корундовые месторождения Прииртяшского района (Кыштым), с хлоритоидом, пиритом и др.
- Э. н. м. — от греч. маргаритис — перламутровый.

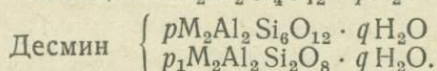
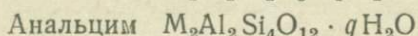
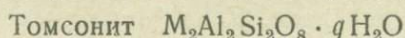
Цеолиты

К группе цеолитов относятся Na, K, Ca и Ba — алюмосиликаты каолинового строения, в которых находится растворенная вода, причем количество ее зависит от парциального давления паров воды в окружающей среде. Эти минералы служат интересным примером природных тел переменного состава, находящихся в состоянии подвижного равновесия.

Цеолиты разлагаются кислотами с выделением кремнезема. При прокаливании плавятся со вскипанием, откуда и получили свое название (греч. цеин — кипеть).

Эта группа в большинстве случаев образуется при поствулканических изменениях алюмосиликатных пород, при застывании богатых водой лав, при подводных эффузиях, при гидротермальных процессах, при воздействии паров воды на нефелиновые и лейцитовые породы; наконец, цеолиты образуются в почвах, в связи с выветриванием кали-натровых алюмосиликатов. Процессы последнего типа освещены недостаточно.

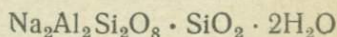
Акад. В. И. Вернадский выделяет три подгруппы цеолитов:



К группе цеолитов относится очень много минералов; из них мы рассмотрим только натролит и анальцим.

Отличительной чертой цеолитов, кроме крайней подвижности их водной части, является способность обменивать катионы щелочей на щелочноземельные катионы водных растворов. Этим свойством цеолитов пользуются для смягчения с их помощью „жестких“, т. е. богатых кальцием и магнием, вод.

83. Натролит



Х. с. — Na_2O —16,3%; Al_2O_3 —26,8%; SiO_2 —47,4%; H_2O —9,5%.

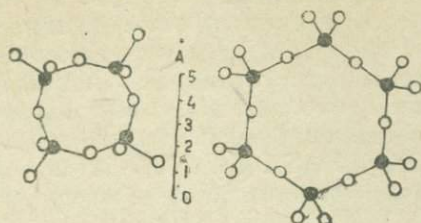
К. с. — ромбическая (или моноклиная).

О. ф. — обычно тонкие игольчатые кристаллы, шестоватые, радиально-лучистые, волокнистые скопления; зернистый и плотный.

Цв. — белый, желтоватый, красноватый.

Бл. — стеклянный или перламутровый.

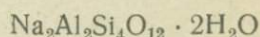
- Тв. — 5—5,5.
 Уд. в. — 2,2—2,5.
 Исп. — плавится в пламени свечи, желатинирует с кислотами.
 $2V = 60—63^\circ$; $Nm = 1,476$; $Ng—Np = 0,011—0,013$.



Фиг. 98. Структура анальцима.

- Гл. м. — Хибинские тундры (Ловчорр, Китчапахк и др.) — продукт гидротермальной переработки нефелина Ильменские горы на Урале.
 Э. н. м. — по химическому составу.

84. Анальцим



- Х. с. — натровый цеолит; SiO_2 — 54,5%; Al_2O_3 — 23,2%; Na_2O — 14,1%; H_2O — 8,2%.
 К. с. — кубическая (псевдокубическая) (фиг. 98).
 О. ф. — прекрасные трапецоэдрические, реже кубические кристаллы, нередко очень крупные, также зернистые массы.
 Цв. — белый, сероватый, мясо-красный.
 Тв. — 5—5,5.
 Уд. в. — 2,22—2,29.
 Исп. — желатинируется с HCl .
 $Ng—Np = 0,001$, обычно изотропный с малым показателем преломления — $N = 1,48$.
 Ген. — вторичный минерал в результате изменения нефелина, содалита, лейцита, полевых шпатов; сопровождается другими цеолитами. Разрушаясь, переходит в натролит.
 Гл. м. — в Хибинских и Ловозерских тундрах — в верхах пегматитовых жил, совместно с эгирином, альбитом, эвколитом; в Крыму — гора Кара-даг. На Урале — гора Благодать и Вишневые горы. В Якутии — по р. Вилюю. За границей — ряд месторождений в Германии, США и других странах.
 Э. н. м. — от греч. аналькис — бессильный.

МИНЕРАЛЫ ЖЕЛЕЗА

Железо (Fe) — металл восьмой группы — обычно бывает двух- и трехвалентным.

Атомный вес 55,84, порядковый номер 26, изотопы 54, 56.

Радиус атома 1,27 Å; радиус иона 0,83 Å и трехвалентного 0,67 Å. Кларк 4,20.

Удельный вес 7,86; температура плавления 1530°.

Азотнокислое, сернокислое и хлорное железо легко растворимы в воде; в ней не растворимы гидраты, карбонаты, фосфаты, арсенаты, бораты, силикаты и алюмосиликаты железа.

Двухвалентное железо устойчиво в восстановительной среде, в окислительной оно переходит в трехвалентное.

Примерами соединений двухвалентного железа являются: FeS , FeCO_3 , FeSiO_3 , Fe_2SiO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и пр.

Представителями трехвалентного железа являются: Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ и пр.

Кроме того, известны еще так называемые ферраты или соли железных кислот, в которых железо шестивалентно, например, феррат бария $\text{BaFe}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$; в минералогии более известен феррат железа или магнетит FeFe_2O_4 .

Железо окрашивает перл буры в окислительном пламени в желтый, а в восстановительном — в бледнозеленый цвет. При варке нормального (оконого) стекла следы железа узнаются по зеленоватой окраске; это самая чувствительная реакция на следы железа в силикатах и в кварце.

Растворы закисной соли железа окрашиваются красной кровяной солью в синий цвет, а окисные соли — в зеленый цвет. Роданистый калий (KCNS) дает с солями окиси железа красное окрашивание. При прокаливании минерала, содержащего железо, в восстановительном пламени железо переходит в закисную форму, благодаря чему минерал приобретает магнитные свойства.

Общеизвестно огромное значение железа в народном хозяйстве; нет такой отрасли хозяйства, где бы оно не применялось в том или ином виде.

В химии земной коры железо играет очень большую роль.

Предполагают, что внутреннее ядро земли состоит из железа.

В ультраосновных породах двухвалентное железо находится в ортосиликатах, силикатах и сернистых соединениях, а трехвалентное и двухвалентное — в магнитном железняке.

В основных породах появляется трехвалентное железо — в алюмосиликатах. В средних и кислых породах уменьшается количество двухвалентного железа в силикатах и трехвалентного в алюмосиликатах, но увеличивается трехвалентное в гематите.

В пегматитах и гидrolитах сохраняется то же соотношение, только в сернистых соединениях начинает усиливаться двухвалентное железо.

В гидrolитах исчезают силикаты и алюмосиликаты железа; двухвалентное сернистое железо доходит до самой коры выветривания. Здесь железо — как трехвалентное — переходит

в гидраты окиси. В восстановительной среде коры выветривания сохраняется двухвалентное железо, как карбонатное, так и сернистое.

Акад. А. Е. Ферсман насчитывает около 300 минералов железа, из них: самородных 4, сернистых 25, галоидных 7, окислов 35, карбонатов 5, силикатов 80, титанатов 20, фосфатов и арсенатов 60, боратов 6, сульфатов 60, вольфраматов и молибдатов 3, органических 1.

Не все минералы, содержащие железо, являются его рудами. Так, из халькопирита ($\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$) извлекают главным образом медь и попутно серу, из пирита и марказита (FeS_2) — серу. Только в самое последнее время стали использовать пиритное железо. Из арсенопирита (FeAsS) получают мышьяк, из вольфрамита ($\text{Fe, Mn} \text{WO}_4$) — вольфрам.

Главную массу железа добывают или из гидратов окиси железа или из получившейся в результате их метаморфизации окиси железа — гематита; также из магнитного железняка и углекислой соли — сидерита.

Ниже приводится неполный список минералов, содержащих железо:

- Самородное железо (Fe, Ni)
- Аваруит FeNi_2
- Пентландит (Fe, Ni) S
- Троилит Fe S
- Пирротин $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$
- Добрелит FeCr_2S_4
- Халькопирит $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$
- Пирит FeS_2
- Марказит FeS_2
- Арсенопирит FeAs S
- Лелингит FeAs_3
- Гидротроилит $n\text{FeS} \cdot m\text{H}_2\text{O}$
- Мельниковит $n\text{FeS}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$
- Моллизит FeCl_3
- Лавренсит (лавренцит) $\text{Fe}(\text{Ni})\text{Cl}_2$
- Эритросилерит $2\text{KCl} \cdot \text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Иосидерит (ионит) FeO
- Гематит Fe_2O_3
- Ильменит FeTiO_3
- Магнетит $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
- Хромит FeCr_2O_4
- Гетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Лепидокрокит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- Ксантосидерит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Эсмеральдит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- Турьит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Сидерит FeCO_3
- Анкерит $\text{FeCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot 2\text{CaCO}_3$
- Вивианит $\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
- Керченит $3(\text{Fe, Mn, Mg, Ca})\text{O} \cdot \{3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
- Оксикерченит $(\text{Mn, Mg, Ca})\text{O} \cdot 4\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
- Фармакосидерит $6\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Скородит $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Питтитит $n\text{FeAsO}_4 \cdot m\text{FeSO}_4 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
- Мелантерит $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Галотрихит $\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Кокимбит $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
 Ярозит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_6$
 Вольфрамит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$
 Фаялит Fe_3SiO_4
 Гиперстен $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3$
 Эгирин $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 Альмандин $\text{FeAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Fe}_2\text{SiO}_4$
 Андрадит $\text{CaFe}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
 Пироксен (салит) $\text{CaSiO}_3 \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$
 Роговая обманка $p(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})\text{SiO}_3 + q(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})\text{SiO}_3$
 Грюнерит $\text{Fe}_7(\text{Si}_8\text{O}_{21})(\text{OH})_2$
 Ильваит $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$
 Ставролит $\text{H}_2\text{Fe}_2\text{Al}_{10}\text{Si}_4\text{O}_{26}$
 Биотит $\text{H}_4\text{K}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_6\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{24}$
 Хлоритонд $\text{H}_2\text{FeAl}_2\text{SiO}_7$
 Шамозит $15(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{SiO}_2 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$

Из этого списка рассмотрим только самородное железо, гематит, магнетит, гетит, лимонит и сидерит.

85. Самородное железо

Х. с. — твердый раствор железа и никеля:

	Fe	Ni
Феррит	96—100%	
Камасит	91—97%	7—10%
Тенит	65%	35%
Октиббегит	40%	60%
Аваруит	31%	69%

Ген. — самородное железо входит в состав большинства метеоритов (космогенное). В земной коре (теллурическое железо) выделяется из основных магм или образуется в результате восстановительных процессов.

Гл. м. — Уифак, в западной Гренландии — крупные выделения в базальтах. В СССР — в анамезитах Винницкого района (УССР), в некоторых россыпях Урала и др.

Э. н. м. — феррит от латинского феррум — железо, камацит или камацит от греч. „камакс“ — копьё по форме фигур вытравления метеорного железа; тенит от греч. — танаи — лента, по форме фигур вытравления; октиббегит — по местности Октиббега в Миссури, США; аваруит — по местности Аваруа Бай в Новой Зеландии.

86. Гематит



Железный блеск

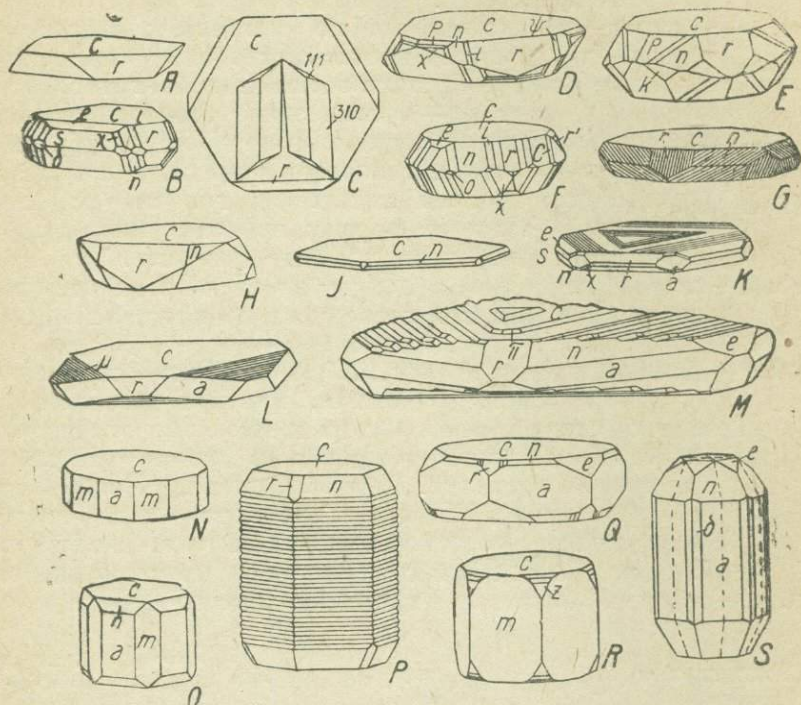
Х. с. — окись железа; Fe—70,0%; O—30,0%; примеси TiO_2 , FeO , SiO_2 .

К. с. — гексагональная — тригональная.

О. ф. — ромбоэдрические кристаллы, усложненные комбинациями, тонкие пластинки, чешуйки (железная слюдка), тонкозернистые и сплошные массы; натечные,

гроздевидные, почковидные и другие скопления.
Частые двойники (фиг. 99).

- Сп. — едва заметная; у слюистой разности наблюдается
раздельность по двойниковому шву.
Цв. — стально-серый, железо-черный, красновато-черный,
красный, вишнево-красный; цвет черты вишнево-
красный.



Фиг. 99. Кристаллические формы гематита. Пластинчатые и столбчатые кристаллы. ¹

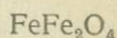
c (0001) = (111), a (1120) = (101), m (1010) = (211), δ (3210) = (451), r (1011) = (100),
 s (0221) = (111), r' (0111) = (221), e (0112) = (110), μ (0115) = (221), n (2243) = (311),
 z (2241) = (715), π (1123) = (210), h (2131) = (201), i (4265) = (511), O (6 · 4 · 10 · 5) =
= (713), x (1232) = (211), P (2467) = (531), ψ (4 · 6 · 10 · 7) = (733), G (3475) =
= (522). Месторождения: А — Везувий; В, С — Кавраши; D, E, F — Траверселла;
G, H, J — Фрамонт; K, L, M — Венгрия; N — Изер; O — Готтард; P, Q — Фрамонт;
R — Мексика; S — Нордмаркен.

- Бл. — металлический и тусклый.
Тв. — 5,5—6,5.
Уд. в. — 4,9—5,3.
Исп. — неплавок, после прокаливания в восстановительном
пламени делается магнитным, в перле буры и фос-
форной соли окраска указывает на присутствие
железа. В кислотах медленно растворяется.

¹ Кроме того не редки кристаллы ромбоэдрического и бипирамидального облика.

- Ген. — образуется в магматических породах, иногда замещая железистые силикаты; на контактах в авгито-гранатово-эпидотовых скарнах, в пегматитах, пневмолитах и гидролитах; на лаве в вулканических возгонах; также в областях метаморфизма при дегидратации бурых железняков, также при преобразовании магнетита. В зоне выветривания гематит переходит в бурые железняки.
- Разн. — мартит — псевдоморфоза по магнетиту; железный блеск — табличатые и тонкопластинчатые кристаллы; железная слюдка — кристаллы слюдopodobного габитуса; железная сметана — чрезвычайно тонкочешуйчатая разновидность железной слюдки, жирная на ощупь; красный железняк — плотные тонкозернистые разности красного цвета; красная стеклянная голова — плотные блестящие натечные формы; кровавик (гематит) — скрытокристаллические плотные разности.
- Прим. — главная железная руда; добывается из метаморфических и в меньшей степени из контактовых месторождений.
- Гл. м. — Днепропетровская обл., Кривой Рог — скопления (линзы и пласты) гематита, мартита и железного блеска среди докембрийских железистых кварцитов. Аналогичные месторождения в районе Курской магнитной аномалии. Гора Магнитная, Челябинская обл. (см. ниже), Швеция (Гелливар) — динамометаморфическое месторождение гематита, железного блеска и магнетита с апатитом в красном гнейсе.
- Э. н. м. — от греч. гематитас — кровавый камень.

87. Магнетит



Магнитный железняк

- Х. с. — железистая соль железной кислоты — Fe — 72,4%; O — 27,6%; изоморфные примеси TiO_2 , MgO, MnO, Mn_2O_3 , Cr_2O_3 и O_2 , кроме этого имеются еще механические примеси сернистых и кремневых минералов.
- К. с. — кубическая.
- О. ф. — прекрасно образованные октаэдры и ромбододекаэдры; зернистый и сплошной.
- Сп. — незаметная,
- Цв. — черный, цвет черты — черный.
- Бл. — металлический или тусклый.
- О. с. — магнитный — к нему притягивается магнитная стрелка, некоторые разности обладают полярным магнетизмом, т. е. они сами притягивают железо и, подвешенные на нитке или шнурке, ориентируются по магнитному меридиану; при 575° магнетит теряет магнитные

свойства, которые по охлаждении вновь восстанавливаются.

- Тв. — 5,5—6,5.
Уд. в. — 5,17.
Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; растворяется при нагревании в HCl; при прокаливании в окислительном пламени переходит в окись железа, при новом прокаливании в восстановительном пламени вновь приобретает магнитные свойства.
- Ген. — магматические, контактовые и метаморфические месторождения в условиях недостаточного окисления железа. Крупные массы магнетита выделяются непосредственно из магмы (главным образом сиенитовой) в процессах дифференциации. Из основных магм обычно выпадают — также громадные — массы титаномагнетита (изерина). В виде небольших рассеянных кристаллов магнетит — обычный второстепенный компонент различных изверженных пород. Большие скопления его образуются в зонах контактов путем замещения известняков, также в процессах динамометаморфизма других железистых соединений. По разрушении вмещающих пород скапливается в россыпях.
- Разн. — титаномагнетит с TiO_2 до 25%. Магнезиоферрит с изоморфным замещением части закисного железа на магний.
- Гл. м. — гора Магнитная, Челябинская обл. — контактно-метасоматическое месторождение магнетита в андрадитовых скарнах, с диопсидом, геденбергитом, гранатом и др. — на контакте гранита с известняками. Примерно того же типа Гороблагодатское месторождение магнетита в Свердловской обл. (контакт сиенита с осадочно-туфогенной свитой) и горы Высокой (контакт сиенита с известняками и туфами). Кусинское месторождение титаномагнетита (Златоустовский район Челябинской обл.) — непосредственное выделение агрегата магнетита и ильменита из габбровой магмы. Ряд аналогичных месторождений на Урале, Кривой Рог (УССР), Михайловка (Винницкий район) и др. В небольших количествах встречается очень часто.

За границей — Швеция (район Кирунавары) величайшее в мире месторождение магнетита (магматические сегрегации в авгитовых сиенитах).

Э. н. м. — по магнитным свойствам.

Бурые железняки

Бурые железняки состоят из гидратов окиси железа. Это — самый распространенный тип железных минералов в коре выветривания. По генезису их можно подразделить на четыре категории:

1. Осадочные бурые железняки, в большинстве случаев биогенного происхождения.

2. Осадочные бурые железняки, связанные с определенными физико-химическими и механическими условиями отложения из водной среды (см. табл. II, фиг. 2, на стр. 131).

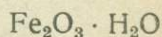
3. Железные шляпы месторождений сернистых минералов, образовавшиеся в результате окисления колчеданных руд.

4. Остаточные гидраты окиси железа, накапливающиеся после выщелачивания и разрушения железосодержащих силикатных минералов (конкреционный, цементационный, карстовый и другие типы).

На основании изучения кривых обезвоживания бурых железняков было установлено, что последние представляют собой твердые растворы различных количеств воды в гематите и гетите ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Из большой группы бурых железняков рассмотрим только два минерала — гетит и лимонит.

88. Гётит



Х. с. — моногидрат окиси железа; Fe_2O_3 —89,89%; H_2O —10,11%; Fe —62,9%; обычно содержит примеси кремнезема, минералов группы глин, группы боксита, остатков неокисленных сернистых минералов, фосфатов, арсенатов и др.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — мелкие, игольчатые, пластинчатые, призматические иштрихованные кристаллы, обычно чешуйчатые, волокнистые; в виде натеков, лучистых агрегатов, землистых масс, псевдоморфоз по пириту; частые двойники.

Сп. — совершенная по (010).

Цв. — коричнево-черный до черного, красноватый, охряно-желтый.

Бл. — алмазный, шелковистый, тусклый, цвет черты ржавый.

Тв. — 5—5,5.

Уд. в. — 4—4,4.

Исп. — после прокаливания в восстановительном пламени становится черным и магнитным; растворяется в кислотах; в трубочке при прокаливании выделяет воду. Теряет воду при 230° . $Nm=2,394$; $Ng-Np=0,140$.

Ген. — общий для бурых железняков.

Разн. — бархатная обманка — плотная, натечная с черной бархатистой поверхностью; рубиновая слюдка — красная пластинчатая разность; лепидокрокит — мелкочешуйчатая разность.

Гл. м. — Волк-Остров (Онежское озеро) — в пустотах миндалевидных пород (онегит), с аметистом. Очень обычен с лимонитом.

Э. н. м. — в честь Гете.

- Х. с. — гидрат окиси железа; Fe_2O_3 — около 60%; H_2O — около 14%; химический состав очень колеблется; лимонит принадлежит к числу коллоидальных минералов, содержащих меняющиеся количества адсорбированной воды; вместе с тем в составе лимонита обычны разнообразные изоморфные и механические примеси Al, Mn, SiO_2 и др.
- К. с. — аморфный.
- О. ф. — натечные, плотные, волокнистые, сетчатые, пластинчатые, скорлуповатые и землистые; обычны псевдоморфозы по другим минералам.
- Цв. — охристый, коричневый, черный, бурый и ржавый; цвет черты желтовато-коричневый.
- Бл. — стеклянный, смолистый, тусклый.
- Тв. — у плотных разностей доходит до 5,5, у рыхлых — около 1.
- Уд. в. — доходит до 4.
- Исп. — те же, что и у гетита; отличается по черте и по аморфному состоянию. Гидрогематит теряет воду при 300° , $N = 2,0-2,1$.
- Разн. — бурая стеклянная голова — натечная блестящая коллоидальная масса; жилковатый бурый железняк; плотный бурый железняк; оолитовый, бобовый, пизолитовый — разных размеров, концентрически скорлуповатые, шаровидные скопления (озерные или копеечные руды), плоские мелкие конкреции; дерновые или луговые железные руды, напоминающие рыхлые туфы; псевдоморфозы по сернистым минералам; часто они имеют большое значение для диагностики первоначальной руды, что очень важно в поисково-разведочном деле.
- Прим. — составляет (вместе с гетитом и другими водными гидратами) главную железную руду.
- Гл. м. — громадное Керченское (Крымская АССР) пластовое месторождение оолитовых бурых железняков (осадков плиоценового моря) со значительной примесью марганцовых и фосфористых соединений. Ряд — также очень крупных — месторождений на Урале: Алапаевский район в Свердловской обл. (карстовый, инфильтрационный тип). Много месторождений — частью этого типа, частью болотных, дерновых и др. — в Орловской, Курской, Тульской обл. К типу окисленных руд относится огромное Бакальское (Челябинская область) турьито-лимонитовое месторождение, образовавшееся из сидеритов (см. ниже).

Месторождения бурых железняков вообще очень распространены.

Э. н. м.— от греч. леймон — луг, от луговой руды.

90. Сидерит

FeCO_3

Железный шпат

Х. с. — $\text{Fe} = 48,2\%$ или $\text{FeO} = 62,1\%$; $\text{CO}_2 = 37,9\%$; часты изоморфные примеси Mn , Ca , Mg и механические примеси.

К. с. — гексагональная — ромбоэдрическая.

О. ф. — ромбоэдры, часто с изогнутыми гранями; шаровидные формы; зернистые, мраморовидные, также плотные, землистые массы с глинистыми и углистыми примесями (сферосидериты).

Сп. — по ромбоэдру.

Цв. — светлосерый, желтовато-серый, желтовато-коричневый, коричневатокрасный, бурый.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 3,5—4,5.

Уд. в. — 3,7—3,9.

Исп. — перед паяльной трубкой не плавится, в восстановительном пламени чернеет и становится магнитным; в кислотах разлагается со вскипанием. Одноосный, отрицательный. $N_o = 1,875$; $N_e = 1,633$; $N_o - N_e = 0,242$.

Ген. — водное отложение в восстановительной среде, при низком давлении; метасоматическое замещение известняков, выделение в гидротермальных жилах.

Прим. — хорошая железная руда.

Гл. м. — Бакальское гидротермальное месторождение (Гаевский, Объединенный и другие рудники) Челябинской обл. Сплошные залежи крупно- и мелкозернистого сидерита, сидероплезита, пистомезита, частью с прожилками, выполненными крупнозернистыми карбонатами, кварцем, баритом и рудными минералами (пирит, халькопирит, галенит). Курская, Воронежская и другие области центральной части Союза.— в осадочной известково-песчано-глинистой толще. Минерал распространенный.

Э. н. м.— от греч. сидерос — железо.

МАРГАНЦОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Марганец (Mn) принадлежит к седьмой побочной группе, обладает переменной валентностью, но в своих распространенных минералах является двух-, трех- и четырехвалентным.

Атомный вес 54,93; порядковый номер 25; радиус атома.

1,30 Å, радиус иона 0,91, 0,70, 0,52 Å. Кларк 0,098.

Удельный вес 7,3, температура плавления 1245°.

Соединения марганца были известны в глубокой древности; их употребляли в качестве черной краски и в стекольном деле для обесцвечивания стекол путем превращения окиси железа в закись, считая их „мылом стекловаров“, откуда и произошло название „пиролюзит“ — от греч. „мою огнем“.

В 1744 г. марганец как элемент был указан Шееле, и в том же году Ган получил металлический марганец.

В воде растворяются следующие соединения марганца: хлористый, иодистый, бромистый, азотнокислый, сернокислый и хромовокислый марганец.

Гидраты сернистый, углекислый, кремнекислый, мышьяковокислый, фосфорнокислый и борнокислый Mn не растворимы в воде.

Соли марганца окрашивают перл буры в окислительном пламени в фиолетовый цвет. После кипячения порошка минерала в азотной кислоте к раствору прибавляют PbO_2 или Pb_2O_4 ; при этом раствор марганцевых солей принимает красновато-фиолетовую окраску. По К. Фадееву, браунит, гаусманит, вад и псиломелан при растворении их в разбавленной (1:1) серной кислоте и кипячении окрашивают раствор в краснофиолетовый цвет.

Марганец применяется как присадка в специальных сортах стали и вообще играет огромную роль в черной металлургии; применяется также в электротехнике, химической и стекольной промышленности, медицине и т. д.

В земной коре главная масса марганца концентрируется в виде изоморфных подмесей в силикатах, алюмо- и феррисиликатах, также в титаносиликатах, ферритах, алюминатах, фосфатах; но имеются и собственно марганцевые силикаты и алюмосиликаты. В термальных жилах марганец находится в сернистых минералах. При разрушении силикатов, алюмосиликатов и сернистых минералов марганец переходит в свои окисленные, наиболее устойчивые вадозные соединения: пиролюзит, манганит, псиломелан и вад, которые являются промышленными марганцевыми рудами. Самым устойчивым из соединений является пиролюзит.

По акад. Ферсману, имеется около 150 марганцевых минералов, из них: сульфидов 2, галоидных 3, окислов 30, карбонатов 4, силикатов 50, титанатов и ниобатов 5, фосфатов 45, боратов 3, сульфатов 7.

Приводим неполный список этих минералов:

Алабандит MnS

Гауерит MnS_2

Манганозит MnO

Браунит Mn_2O_3

Пиролюзит MnO_2

Гаусманит $MnMn_2O_4$

Якобсит $Mn(Fe, Mn)_2O_4$

Манганит $Mn_2O_3 \cdot H_2O$

Псиломелан $n MnO_2 \cdot m MnO \cdot p BaO \cdot q H_2O$

Вад $MnO_2 \cdot (Mn, R) O_2H_2O$

Тефроит Mn_2SiO_4
 Родонит $MnSiO_3$
 Спессартин $MnAl_2Si_2O_8 \cdot Mn_2SiO_4$
 Родохрозит $MnCO_3$
 Маллардит $MnSO_4 \cdot 7H_2O$
 Гюбнерит $MnWO_4$
 Вольфрамит $(Fe, Mn) WO_4$

Из этих минералов рассмотрим только алабандин, манганит, псиломелан, пиролюзит, родохрозит и родонит.

91. Алабандит

MnS

Алабандин

- Х. с. — Mn — 63,22%; S — 36,78%.
 К. с. — кубическая, обычно в зернистых и сплошных скоплениях.
 Цв. — железо-черный.
 Бл. — металлоидный.
 Исп. — реагирует с бурой на марганец, образует серную печень; в соляной кислоте растворяется с выделением сероводорода.
 Ген. — образуется в мезотермальных жилах вместе со сфалеритом, родохрозитом и другими минералами этой зоны. Минерал сравнительно редкий.
 Гл. м. — Табашар в Таджикистане; Алабанда в Малой Азии, Нагиаг в Румынии и др.
 Э. н. м. — по местности.

92. Пиролюзит

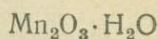
MnO_2

- Х. с. — перекись марганца; Mn — 63,1%; O — 36,9%.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — землистый, плотный, оолитовый, радиально-лучистый; в псевдоморфозах по брауниту, манганиту, органическим остаткам и т. п.
 Цв. — черный, как сажа, реже сероватый или синеватый, цвет черты черный.
 Бл. — тусклый и редко металлический.
 Тв. — 1—2,5, маркий.
 Уд. в. — 4,82.
 Исп. — перед паяльной трубкой не плавок, дает отчетливую реакцию на марганец; с HCl при нагревании выделяет хлор.
 Ген. — вторичный минерал, в который переходят все другие соединения марганца. Накапливается в отложениях водных бассейнов в огромных количествах (отчасти при посредстве организмов) вместе с соединениями железа, алюминия, кремния и др.
 Прим. — главная марганцовая руда.
 Гл. м. — Чиатура (Шорапанский район Грузинской ССР) — грандиозные залежи пластовых оолитовых руд — пиролюзита, манганита, псиломелана, вада среди

песчаных и глинистых отложений олигоценового моря. Никопольский район (Днепропетровская обл.)— громадное месторождение того же типа.

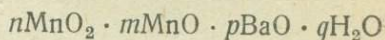
Э. н. м.— от греч. пюр и лоусис — мою огнем (см. стр. 237).

93. Манганит



- Х. с. — гидрат окиси марганца; Mn_2O_3 —89,7%; H_2O —10,3%.
К. с. — ромбическая.
О. ф. — призматические, шестоватые, сильно штриховатые кристаллы; радиально-лучистые, также плотные и землистые скопления; псевдоморфозы.
Сп. — совершенная.
Цв. — стально-серый до железо-черного, цвет черты красновато-бурый.
Бл. — металлический.
Тв. — 4.
Уд. в. — 4,2—4,4.
Исп. — перед паяльной трубкой не плавится, выделяет воду; дает отчетливую реакцию на марганец в перле буры.
Ген. — термальные жилы, связанные с кислой магмой; вторичный минерал в зоне окисления и гидратации; встречается вместе с пиролюзитом, часто переходит в последний.
Прим. — руда на марганец.
Гл. м. — встречается во всех марганцовых месторождениях.
Э. н. м. — по химическому составу, манган — марганец.

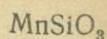
94. Псиломелан



- Х. с. — неопределенного состава гидрат окиси марганца с постоянным присутствием гидратов окиси железа, окиси бария, кальция, часто содержит калий, литий, фосфор, медь, кобальт и др.
К. с. — аморфный — коллоидальный.
О. ф. — плотный, натечный, гроздевидный, в виде налетов.
Цв. — черный, цвет черты черный.
Бл. — полуметаллический, матовый.
Тв. — 5—6.
Уд. в. — 3,3—4,7.
Исп. — перед паяльной трубкой растрескивается и окрашивает пламя в соответствующий цвет, в зависимости от примесей.
Ген. — см. пиролюзит.
Э. н. м. — от греч. псилос — гладкий, мелас — черный.
Гл. м. — см. пиролюзит.

Вад — землистая разновидность псиломелана, обычно очень мягкий, пористый, легкий (некоторые разности плавают на воде), черта бурая.

95. Родонит



Орлец

- Х. с. — метасиликат марганца с примесью метасиликата кальция, железа и цинка. При преобладании в составе кальция минерал называется бустамитом; при значительной изоморфной примеси цинка — фовлеритом.
- К. с. — триклинная. Относится к триклинным пироксенам.
- О. ф. — крупные табличатые с закругленными ребрами кристаллы; обычно сплошные землистые или плотные массы.
- Сп. — совершенная по пинакоидам третьего рода.
- Цв. — вишнево-красный, розовый разных оттенков.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 5,5—6,5.
- Уд. в. — 3,4—3,68.
- Исп. — перед паяльной трубкой сплавляется со слабым вспучиванием и чернеет. С бурой дает отчетливую реакцию на марганец. Слегка разлагается кислотами. — $2V = 76^\circ$; $Nm = 1,726—1,740$; $Ng - Np = 0,009 - 0,011$. Плеохроичен. Часто покрыт коркой из пиролюзита.
- Ген. — метаморфические сланцы, контакты и термальные жилы, часто золотоносные.
- Прим. — ценный поделочный камень („орлец“ русских камнерезов); разности, лишенные декоративных качеств, за границей иногда служатрудой на марганец.
- Гл. м. — Свердловская обл. у дер. Седельниково (см. табл. V).
- Э. н. м. — по цвету от греч. родон — роза.

96. Родохрозит



Марганцовый шпат, малиновый шпат

- Х. с. — карбонат марганца; $MnO - 61,7\%$; $CO_2 - 38,3\%$; примеси карбонатов кальция и железа.
- К. с. — гексагональная — тригональная.
- О. ф. — редко ромбоэдрические кристаллы, седлообразно изогнутые; обычно зернистый и плотный, иногда в шаровидных и почковидных агрегатах.
- С. п. — по ромбоэдру.
- Цв. — малиновый, розовый.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 3,5—4,5.
- Уд. в. — 3,45—3,6.
- Исп. — перед паяльной трубкой не плавко, растворяется в HCl со вскипанием; с бурой дает отчетливую реакцию на марганец.
- Ген. — гипотермальные, мезотермальные и эпитеермальные жилы, последние в связи с вулканическими породами, преимущественно с порфирами. В зоне выветривания переходит в пиролюзит и вад.



Ваза, выточенная из орлеца, добытого у дер. Седельниково (Шабры) на Урале. Геологический музей им. А. П. Карпинского Акад. наук СССР.

Гл. м. — Джидинское жильное месторождение (Бурято-Монгольская АССР) с гюбнеритом ($MnWO_4$), триплитом $[(Fe, Mn, Ca)_3P_2O_8 (FeMn)F_2]$, молибденитом, халькопиритом, кварцем, бериллом, кальцитом, анкеритом и др. Чиатура (см. пиролозит). Саксония (Фрейберг), Румыния (Нагиаг).

Э. н. м. — от греч. родон — роза и хрома — цвет.

ВАНАДИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Ванадий (V) — элемент пятой группы, трех-, четырех- и пятивалентный.

Атомный вес 50,95, порядковый номер 23. Кларк 0,02.

Радиус атома 1,36 Å, радиус ионов 0,65 Å, 0,61 Å, 0,40 Å.

Удельный вес 5,53, температура плавления 1715°.

В 1801 г. мексиканский ученый Дельрио открыл новый элемент, названный им панхромом, а в 1830 г. этот же элемент под именем ванадия открыл в гибком железе шведский ученый Сефштрем. Предложенный им термин ванадий был принят в науке.

Ванадий образует пять окисей: VO , V_2O — (черная), V_2O_3 — (черная), VO_2 (темносиняя) и V_2O_5 (желто-красная).

При растворении пятиокси ванадия в воде получают ванадиевые кислоты; их соли называются ванадатами; значение последних в геохимии ванадия очень велико.

В технике ванадий применяется как присадка, в специальных сортах высококачественной стали; ванадат аммония NH_4VO_3 и другие соли ванадиевой кислоты, как и сама ванадиевая кислота, широко применяются в качестве катализаторов при различных химических процессах (в частности в замену платины); соединения ванадия играют также видную роль в красочной промышленности, медицине и др.

Роль ванадия в химии земной коры сложна и недостаточно изучена. С одной стороны, он входит в некоторые минералы первых стадий кристаллизации, например в титаномагнетит; с другой стороны, его наиболее значительные концентрации встречаются в зоне гипергенеза, например в железных шляхах сульфидных (свинцовых) руд; он адсорбируется коллоидами глины и бокситов, собирается в органических соединениях, углях, рассеян в битумах, в особенности в асфальтах.

Всего насчитывается около 50 ванадиевых минералов.

Главнейшие ванадиевые минералы следующие:

Патронит VS_4

Сульванит $3Cu_2S \cdot V_2S_5$

Алаит $V_2O_5 \cdot H_2O$

Ваноксит $2V_2O_4 \cdot V_2O_5 \cdot 8H_2O$

Пухерит $BiVO_4$

Ванадинит $3Pb_3(VO_4)_2 \cdot PbCl_2$

Деклаузит $Pb(Cu, Zn)(OH)VO_4$

Дешенит PbV_5O_{16}

Фольбортит $(Cu, Ca, Ba)_3(OH)_3VO_4 \cdot 6H_2O$

Кальциофольбортит $(\text{Cu}, \text{Ca})_3(\text{VO}_4)_2 \cdot (\text{Cu}, \text{Ca})(\text{OH})_x$
 Туранит $5\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Узбекит $3\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
 Уванит $2\text{UO}_3 \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
 Ферганит $\text{V}_2\text{O}_5(\text{UO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 Хьюэтит $\text{H}_2\text{CaV}_2\text{O}_{17} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Паскоит $2\text{CaO} \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$
 Пинтадоит $2\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
 Тангеит $2\text{CaO} \cdot \text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Карнотит $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 Тюямуюнит $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 Минасрагрит $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
 Роскоэлит $\text{H}_4\text{K}_2(\text{Al}, \text{V}, \text{Fe})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$

Из всего этого списка рассмотрим только патронит, ванадинит и роскоэлит, которые являются собственно ванадиевыми рудами; уранованадаты будут рассмотрены с радиевыми минералами.

97. Патронит

VS_4

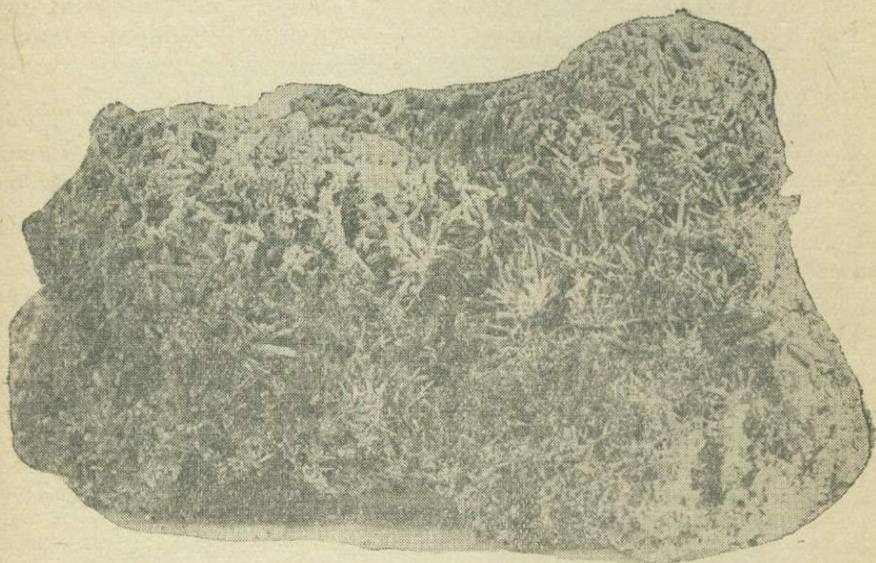
- X. с. — сульфид ванадия с примесями органического вещества при пересчете на пятиокись ванадия, содержание последней доходит до 47%.
 К. с. — аморфный — коллоидальный.
 О. ф. — смолистые массы.
 Цв. — черный, у некоторых разновидностей наблюдается слегка синеватый оттенок.
 Исп. — реакция на ванадий; горит, так как находится в смеси с битумом. Под микроскопом в отраженном свете серый, твердость низкая, плеохроичный, анизотропный.
 Ген. — не вполне ясен, возможно — при участии органического вещества; находится в богатых серой асфальтовых жилах в осадочных породах (песчаники и известняки).
 Прим. — одна из главных руд ванадия.
 Гл. м. — крупнейшая в мире концентрация в Минасрагра (Перу) — с асфальтом, коксообразной массой и другими органическими остатками. Возможны месторождения у нас в СССР в связи с асфальтами в ряде районов.
 Э. н. м. — в часть А. Ризо-Патрона, открывшего этот минерал.

98. Ванадинит

$3\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{PbCl}_2$

- X. с. — сложный ванадат свинца; V_2O_5 — 19,4%; Pb — 78,7%; Cl — 2,5%.
 К. с. — гексагональная.
 О. ф. — гексагональные (иногда полые), призмы, тонкошестоватые, игольчатые, волокнистые кристаллы, землистые массы, натёки, налёты, корки.
 Сп. — незаметная.
 Цв. — желтый, бурый или красный, черный.
 Бл. — жирный, смолистый (у темных разновидностей).

- Тв. — 3.
 Уд. в. — 6,8—7,2.
 Исп. — растрескивается и плавится на угле, дает налет окиси свинца, реакция на ванадий в перле фосфорной соли. Разлагается в HCl, раствор от H₂O₂ окрашивается в темнокрасный цвет. Одноосный, отрицательный. $N_o = 2,354$; $N_e = 2,299$; $N_o - N_e = 0,55$.
 Ген. — образуется в зоне окисления свинцовых руд, иногда в парагенезисе с крокоитом, пироморфитом, вульфенитом и миметезитом.
 Прим. — руда на ванадий.

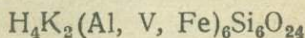


Фиг. 100. Кристаллический агрегат ванадинита. Сулейман-сай, Казахстан.

Гл. м. — Сулейман-сай (Казахстан, Джамбульская обл.) в железной шляпе свинцового месторождения — ванадинит с церусситом, вульфенитом, пироморфитом, кальцитом, гипсом, глиной и др. (фиг. 100). Березовское золото-кварцевое месторождение (Свердловская обл.), в зоне окисления — ванадинит с пироморфитом, вульфенитом, крокоитом, малахитом, лимонитом и др. За границей: в Испании — Санта Марта в Эстремадуре, в Мексике — Зака-тексас и др.

Э. н. м. — по химическому составу.

99. Роскоэлит



Х. с. — продукт присоединения к алюмосиликатам (аналогичный мусковиту), где алюминий частью изоморфно замещен на ванадий. V_2O_5 — 22,02%; Al_2O_3 — 14,10%;

K_2O — 7,59%; MgO — 2,00%; Fe_2O_3 — 1,67%, SiO_2 — 47,69%; H_2O — 4,96%.

- К. с. — моноклинная.
О. ф. — очень мелкие чешуйки.
Сп. — совершенная по пинакoidу, как у слюд.
Цв. — от гвоздично-бурого до зеленого.
Тв. — 2,5.
Уд. в. — 2,97.
Исп. — реакция на ванадий.
 $Nm = 1,682 - 1,685$; $Ng - Np = 0,077 - 0,094$. Плеохроизм: x и y оливково-зеленый, z — зелено-коричневый.
Прим. — руда на ванадий.
Гл. м. — США в Колорадо, Леопард-Крик, Плясервиль и пр., в песчаниках вместе с карнотитом и другими уранованадиевыми и медными рудами. Возможны месторождения в Средней Азии и в Приуралье в медистых песчаниках.
Э. н. м. — в честь английского химика Роско, установившего в 1867 г. химический характер ванадия.

МИНЕРАЛЫ БОРА

Бор (В) — трехвалентный металл третьей группы. Атомный вес 10,82, порядковый номер 5, изотопы 11 и 12.

Радиус атома 0,97 Å, радиус иона 0,20 Å. Кларк 0,01.

Удельный вес 2,5—2,6 (3,3), твердость близка к 10.

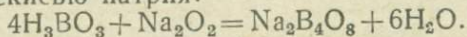
Соединение бора — бура была известна в глубокой древности.

Элементарный бор впервые получен Гей-Люссаком и Тенаром в 1808 г.

В большинстве своих соединений бор является трехвалентным; BF_3 — удушливый газ, BCl_3 — подвижная жидкость, кипящая при 18°; B_2O_3 — борный ангидрид.

Борная или ортоборная кислота H_3BO_3 — твердое тело, при нагревании до 100° переходит в метаборную HBO_2 и выше 140° — в тетраборную кислоту.

Соли борных кислот с перекисями дают пербораты, например с перекисью натрия:



Сульфид бора B_2S_3 — неустойчивое соединение, разлагается водой ($B_2S_3 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 3H_2S$). В природе он неизвестен.

Бор применяется в промышленности в виде солей, главным образом буры — для паяния, изготовления глазурей и эмалей, для специальных сортов стекла, в красильном, кожевенном производстве, для стирки; борная кислота применяется в медицине; пербораты — в косметике, при крашении тканей, при изготовлении зубных паст; элементарный бор применяется как высоко твердый абразив; соединения бора применяются также

в качестве добавки к удобрениям для специальных культур (например свеклы, табака).

Всего насчитывается около 80 борных минералов, из них 30 боросиликатов и 50 боратов.

Главнейшие минералы бора образуются среди осадочных пород вместе с легко растворимыми солями, выделяются из горячих вод при вулканических процессах; из нефтяных вод и из вод грязевых вулканов. Силикаты и алюмосиликаты бора связаны с кислыми изверженными породами. Здесь бор принадлежит к числу энергичных минерализаторов, входя в состав ряда аксессуарных минералов, так и крупных скоплений борных минералов в пегматитах, пневматолитах и контактных образованиях.

Главнейшие борные минералы следующие:

Сассолин H_3BO_3 или $B(OH)_3$

Бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

Борацит $Mg_7B_{16}Cl_{20}$

Пандермит $Ca_2B_6O_{11} \cdot 3H_2O$

Колеманит $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$

Иниоит $Ca_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$

Гидроборацит $CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$

(Боронатрокалцит или улексит) $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$

Турмалин $rM_2B_2Si_2O_8 \cdot qM_2Al_2Si_2O_8 \cdot rA \cdot M = (H, Na, Li, Mg, Fe)$

Датолит $HCaBSiO_5$

Данбурит $CaB_2Si_2O_8$

Аксинит $H(Fe, Mn)Ca_2Al_2BSi_4O_{16}$

Дюмортьерит $HBA_6Si_4O_{20}$

Еремеевит $Al_2O_3 \cdot B_2O_3$ или $AlBO_3$

Главная масса бора первоначально концентрируется в алюборосиликатах и боросиликатах; при разрушении горных пород, содержащих эти минералы, последние разлагаются и переходят в бораты, отлагающиеся вместе с растворимыми солями.

В настоящее время борные соединения добывают только из боратов, главнейшие из которых рассмотрим ниже. Из боросиликатов рассмотрим турмалин как один из самых распространенных борных минералов, а также аксинит и дюмортьерит, разрушение которых ведет к образованию боратов.

100. Сассолин

$B(OH)_3$ или $B_2O_3 \cdot 3H_2O$

Х. с. — естественная борная кислота, примеси — самородная сера.

К. с. — триклинная.

О. ф. — призматические табличатые, псевдогексагональные кристаллы, обычно мелкие чешуйки.

Сп. — совершенная по базису.

Цв. — белый, серый, иногда желтоватый (от присутствия серы).

Бл. — перламутровый.

О. с. — гибкие чешуйки, кислый солоновато-горький вкус.

Тв. — 1,0.

Уд. в. — 1,48.

Исп. — легкоплавкий, окрашивает пламя в зеленый цвет, растворим в воде и алкоголе.

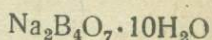
Ген. — вулканические возгоны действующих вулканов, выпадение из воды горячих источников и в некоторых озерах.

Прим. — непосредственно в медицине и промышленности.

Гл. м. — возгоны Авачинской сопки на Камчатке; горячие источники и озера Тосканы — Италия, оз. Клирлейк в Калифорнии.

Э. н. м. — по местности Сассо близ Сиенны, Италия.

101. Бура



Тинкаль

Водная натровая соль тетраборной кислоты

Х. с. — B_2O_3 — 36,6%; Na_2O — 16,2%, H_2O — 47,2%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — кристаллы чрезвычайно похожи на авгит; кроме того, бура встречается в сплошном виде и в виде выцветов и корок.

Цв. — белый, сероватый, синеватый.

Сп. — совершенная по пинакoidу (100).

Бл. — стеклянный, иногда тусклый.

О. с. — вкус сладковато-щелочной.

Тв. — 2—2,5.

Уд. в. — 1,7.

Исп. — перед паяльной трубкой вспучивается и сплавляется в стекло. Растворима в воде, образуя щелочной раствор; окрашивает пламя в желтый цвет (от присутствия натрия), а с серной кислотой окрашивает пламя в зеленый цвет (от присутствия бора).

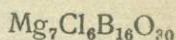
Ген. — выделение из соляных озер, вулканических источников и вод грязевых сопки вместе с другими растворимыми солями.

Прим. — как одна из главнейших руд на бор, и непосредственно техническое (см. выше).

Гл. м. — сопочные воды и грязи Керченского полуострова (Крымская АССР) с иодом и бромом; берега озер и солончаки Тибета, соленые озера Калифорнии (как вторичный продукт после разрушения колеманита).

Э. н. м. — от арабского слова бура.

102. Борацит



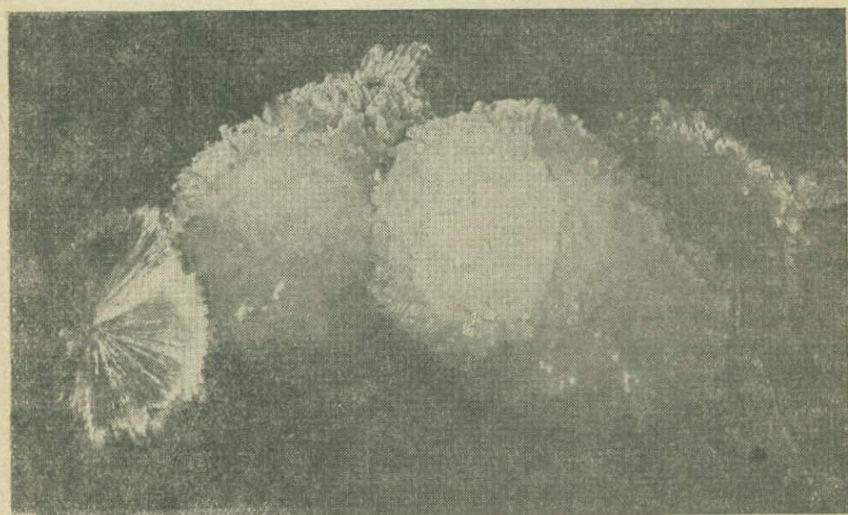
Стассфуртит

Х. с. — B_2O_3 — 62,5%; MgO — 31,2%; Cl — 7,9%.

К. с. — кубическая выше 265° и ромбическая ниже этой температуры.

О. ф. — кубы, тетраэдры или додекаэдры; шарообразные формы лучистого сложения называются стассфуртитом. Обычно сложные двойники по (111) и (112).

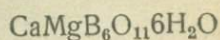
- Сп. — очень несовершенная по (111).
 Цв. — бесцветный, белый, желтый, зеленоватый, сероватый.
 Бл. — стеклянный до алмазного.
 Тв. — 7.
 Уд. в. — 2,95.
 Исп. — на угле плавится, образуя кристаллический шарик; окрашивает пламя в зеленый цвет (от бора); при присадке меди окрашивает пламя в лазуревую-голубой цвет; прокаленный на угле и смоченный $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ окрашивается в розовый цвет от магния; не растворим в воде, но растворим при нагревании в соляной кислоте.
- + $2V = 83^\circ$; $Nm = 1,663$; $Ng - Np = 0,0108$.



Фиг. 101. Гидроборацил. Инерское озеро, Западный Казахстан.

- Ген. — образуется в соляных месторождениях с каменной солью, калийными солями, ангидритом и др., выделяется из сопочных грязей. Минерал редкий.
 Прим. — руда на бор.
 Гл. м. — Керченский полуостров; Стассфурт, Германия.
 Э. н. м. — по химическому составу.

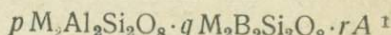
103. Гидроборацил



- Х. с. — B_2O_3 —50,7%; CaO —13,5%; MgO —9,7%; H_2O —26,1%.
 К. с. — моноклинный.
 О. ф. — лучистые, листоватые агрегаты, напоминающие гипс (фиг. 101).
 Сп. — совершенная по (100) и (010).

- Тв. — 2,0.
 Уд. в. — 2,0.
 Исп. — легко плавится в прозрачное стекло, растворим в кислотах; дает реакцию на воду и бор; $Nm = 1,534$; $Ng - Np = 0,048$.
 Ген. — образование в соляных месторождениях, в лагунах и озерах.
 Прим. — руда на бор.
 Гл. м. — Индерское озеро (Гурьевская обл. в Казахстане), крупнейшее месторождение боратов в мире; в США — калифорнийские озерные отложения.
 Э. н. м. — по химическому составу.

104. Турмалин



- Х. с. — сложный бороалюмосиликат B_2O_3 около 10%; Al_2O_3 — около 30%; SiO_2 — около 38%; могут присутствовать: Mg, Fe, Mn, Ca, Na, Li, K, F, H_2O .
 К. с. — гексагональная — тригональная.
 О. ф. — вытянутые призмы с комбинациями; вдоль призмы штриховка, в поперечном сечении часто форма сферического треугольника. Лучистые, сфероидальные скопления называются турмалиновыми солнцами; сплошные зернистые, плотные массы.
 Сп. — очень слабая.
 Цв. — черный, красный, зеленый, синий, желтый, коричневый; встречаются полихромные разности с различно окрашенными концами кристаллов или с зональной окраской.
 Бл. — стеклянный на гранях, смолистый в изломе.
 О. с. — обладает явно выраженными пьезоэлектрическими свойствами; при высокой температуре является проводником электричества.
 Тв. — 7—7,5.
 Уд. в. — 2,98—3,2.
 Исп. — светлоокрашенные разности плавятся с трудом, темноокрашенные — легко; со смесью Турнера дает реакцию на бор. Не растворим в HF; после прокаливания желатинизирует с соляной кислотой. Оптически одноосный, отрицательный; наблюдаются оптические аномалии, когда угол оптических осей доходит до 10° .
 $Ne - 1,62 - 1,65$; $No - 1,63 - 1,69$; $No - Ne$ колеблется около 0,025; резкий плеохроизм в зависимости от окраски минерала.
 Ген. — обычный минерал кислой гранитной магмы; иногда выделяется как существенный породообразующий минерал (турмалиновые граниты); наиболее разнообразные выделения в пегматитовых жилах и на

² В группу А входят щелочи и др. Характер этой группы не ясен.

контактах, иногда с пневматолитической переработкой вмещающих пород (турмалинизация). Выделяется и в высокотемпературной гидротермальной стадии. При разрушении турмалина на поверхности образуются бораты, отлагающиеся с другими солями (см. выше).

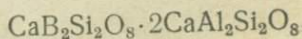
Прим. — цветные разновидности употребляются в качестве драгоценных камней. Были попытки технического извлечения из турмалина бора, но после открытия индерских гидроборатов необходимость этих попыток отпала. Некоторые разновидности применяются для оптических целей (турмалиновые щипцы).

Разн. — ахроит — бесцветный (щелочной);
рубеллит (сиберит) — малиновый, розовый (литиевый), эльбаит — литиевый;
шерл или шерлит — черный;
индиголит — синий;
густо-синий прозрачный — бразильский сапфир;
зеленый прозрачный — бразильский изумруд;
дравит — бурый (магнезиальный);
желто-медовый — цейлонский хризолит;
зеленый — хромовый турмалин.

Гл. м. — Липовка (Свердловская обл.) — контактно-пневматолитическое месторождение в зоне соприкосновения гранита с измененными змеевиками: розовый турмалин с воробьевитом (цезиевый берилл), лепидолитом, апатитом, петалитом и др. Саваттеево (Читинская обл., Нерчинский район) пегматиты в гнейсогранитах с розовым, зеленым, черным турмалином, лепидолитом, воробьевитом, кварцем. Черный турмалин (шерл) обычен во многих пегматитовых жилах Урала, Карелии, Забайкалья, Кавказа и др. За границей — США (Калифорния), Мадагаскар, Индия, Цейлон и др.

Э. н. м. — сингалезское слово древнего происхождения — турмалин, которым называли этот минерал.

105. Аксинит



Х. с. — алюмоборосиликат извести и марганца; часто присутствуют железо, магний и вода.

К. с. — триклинная.

О. ф. — широкие, клиновидные, острорребристые кристаллы; друзы, листоватые, сплошные массы.

Сп. — ясная.

Цв. — коричневый, красноватый, желтоватый, дымчатый, синий, зеленоватый.

Бл. — зеркальный.

Тв. — 6,5—7.

Уд. в. — 3,25—3,30.

- Исп. — перед паяльной трубкой легко плавится, окрашивая пламя в бледнозеленый цвет; после прокаливания разлагается HCl с выделением студня кремнезема. — $2V=65-71^\circ$; $Nm=1,685$; $Ng-Np=0,010$.
- Ген. — главным образом в гипотермальных жилах; очень редко в пегматитах и пневматолитах (выполнения пустот).
- Гл. м. — в Карелии (Корга-Сельга, Кончезеро); Челябинская обл. (Поляновский, Петропавловский рудники и др.); в Ллайском хребте (Чал-Куйрюк).
- Э. н. м. — от греч. аксини — клин, топор, по форме кристаллов.

106. Дюмортьерит $8Al_2O_3 \cdot BaO_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$

- Х. с. — комплексный ангидрид, содержит небольшое количество воды.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — редко встречается в мелких призматических двойниковых кристаллах; обычно в виде столбчатых, волокнистых агрегатов, друз, сростков, зернистых и плотных масс.
- Сп. — (или отдельность) по двойниковой плоскости.
- Цв. — синий (похожий на ляпис-лазурь), серовато-голубой, черноватый.
- Тв. — 7.
- Уд. в. — 3,3.
- Исп. — не растворим даже в плавиковой кислоте. $2V=20-40^\circ$; $Nm=1,684$; $Ng-Np=0,027$.
- Ген. — минерал конечных стадий кристаллизации кислой магмы; пегматиты, контакты, гидротермы; встречается также в гнейсах.
- Прим. — красиво окрашенные разности употребляются в качестве ограночного камня; обычные — применяются в качестве огнеупора высокого качества.
- Гл. м. — Акташ-Сайлыкский в 75 км от Ташкента — порода из дюмортьерита, карлинита, кварца США (Кварусай) в штате Аризона, Лаймрик в штате Невада.
- Э. н. м. — в честь Дюмортье.

НАТРОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Натрий (Na) — щелочной одновалентный металл первой группы.

Атомный вес 22,997, порядковый номер 11. Кларк 2,40.

Радиус атома 1,86 Å, радиус иона 0,98 Å.

Удельный вес 0,9712, температура плавления $97,5^\circ$.

Соли натрия известны с глубокой древности.

Металлический натрий получен Деви в 1807 г.

Соли натрия окрашивают пламя в интенсивный желтый цвет, который маскирует остальные окраски пламени. Желтое натровое пламя не видно через индиговую призму.

Соли натрия, за исключением алюмокремнеземистых, а также фтористого натрия, легко растворимы.

Хозяйственное значение натровых соединений огромно. Кроме общеизвестного потребления хлористого натрия в пищевой промышленности, это соединение является основным сырьем в ряде важнейших химических производств— при получении соды, едкого натра, сульфата, хлора, соляной кислоты и т. п.

Сода и едкий натр употребляются в мыловаренном производстве, сульфат натрия— в стекольном деле. Натровые соли употребляются в химических реактивах, медицине и т. д.

По акад. А. Е. Ферсману, насчитывается около 140 натровых минералов, из них: галоидных 10, силикатов 70, карбонатов 10, титаносиликатов, ниобатов и титанатов 15, фосфатов и арсенатов 15, антимонатов 2, нитратов 3, боратов 6, сульфатов 8.

Следует отметить отсутствие сернистых соединений натрия и простых окислов.

Главная масса натровых минералов (70%) непосредственно магматического происхождения или связана с пегматитами и пневмолитами; это— алюмосиликаты, ниобаты, титанаты; остальные 30% натровых минералов относятся к поверхностным образованиям (гипергенным). Тем не менее натрий принадлежит к наиболее характерным элементам зоны гипергенеза.

В области коры выветривания алюмосиликаты разрушаются, и находящийся в них натрий переходит в хлориды, сульфаты и карбонаты, отлагающиеся в осадочных толщах. Кроме того, хлористый натрий выделяется при вулканических извержениях. Главная масса хлористого натрия концентрируется в водах океана.

Ниже приводим список важнейших минералов, содержащих натрий:

Галит NaCl
Криолит $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$
Хиолит $5\text{NaF} \cdot 3\text{AlF}_3$
Сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Термонатрит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Гейлюссит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Трона $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Нахколит NaHCO_3
Чилийская селитра NaNO_3
Нитроглауберит $6\text{NaNO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Тенардит Na_2SO_4
Глауберит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$
Вантгоффит $3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$
Сульфогалит $3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{NaF}$
Караколит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Pb}(\text{OH})\text{Cl}$
Мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Левеит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
Астраханит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Натровые квасцы $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Альбит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$
Плаггиоклазы $n \text{Ab} \cdot m \text{An}$
Эгирин $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

Жадеит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 Пектолит $\text{HNaSiO}_3 \cdot \text{CaSiO}_3$
 Нефелин $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2$
 Содалит $3\text{Na}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{NaCl}$
 Лазурит $3\text{Na}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$
 Натролит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

При рассмотрении этого неполного списка натровых минералов мы должны отметить, что алюмосиликаты, начиная от альбитов и кончая натролитом, генетически связаны с магматическими породами, и большинство их является породообразующими минералами.

Отмеченная выше миграция натрия из разрушающихся алюмосиликатов в карбонаты идет примерно по следующей схеме:
 $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 4\text{CO}_2$

В виде углекислого соединения натрий может при случае выделиться в виде соды или трона. Но при наличии в растворе ионов серного ангидрида или хлора натрий переходит в сернокислые или очень стойкие хлористые соединения. При смешении растворов солей натрия с солями других металлов (магния, кальция, калия), что бывает при сносе разнообразных растворов в водные (континентальные или морские) бассейны, между ними при определенных условиях возникают обменные реакции. Эти процессы—галогенеза—протекают особенно интенсивно в усыхающих соленых водах или обособившихся от моря бассейнах—лагунах. Такой бассейн, насыщенный различными солями, является сложной физико-химической системой с подвижным равновесием, зависящим от состава и концентрации солей, климатических (и сезонных) условий; при колебаниях этого комплекса условий из растворов выпадают в закономерном порядке те или иные соли щелочных и щелочноземельных металлов.

Из минералов солей натрия нами будут рассмотрены галит, тенардит, мирабилит, глауберит, сода, трона и термонатрит.

107. Галит

NaCl

- Каменная или поваренная, обыкновенная соль (фиг. 102).
 Х. с. — хлористый натрий Cl—60,6%; Na—39,4%.
 К. с. — кубическая (на фиг. 98 показана кристаллическая решетка NaCl).
 О. ф. — кубы, скелетообразные формы, зернистые, плотные массы.
 Сп. — совершенная по кубу.
 Цв. — белый, серый, желтоватый, красноватый, синий, черный, бесцветный—стекловатые разности.
 Бл. — стеклянный.
 О. с. — зонарная и пятнистая окраска; обычно без запаха, но иногда может издавать приятный или неприятный запах от присутствия тех или иных примесей. Характерный приятно соленый вкус; нечистые разности обладают резким соленым вкусом. Наблюдаю-

щаяся иногда неправильно распределенная синяя окраска галита объясняется присутствием свободных ионов металлического натрия.

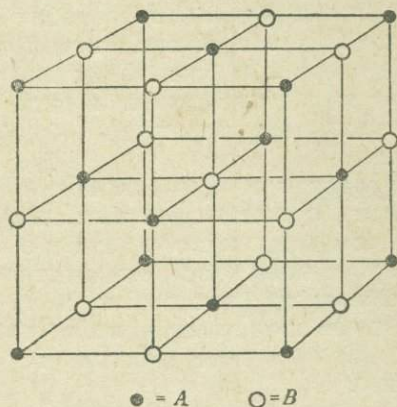
Тв. — 2,5.

Уд. в. — 2,1.

Исп. — легко растворим в воде, окрашивает пламя паяльной трубки в желтый цвет. При присадке меди окрашивает пламя паяльной трубки в голубой цвет от хлористой меди.

Опт. — $N = 1,5443 D$.

Ген. и параг. — типичный химический осадок, отлагающийся из перенасыщенного раствора — при его испарении или при понижении температуры. На дне бассейнов галит образует пласты так называемой самоосадочной соли;



Фиг. 102. Структура каменной соли.

при метаморфизации этих осадков образуется „каменная соль“; последняя при горообразовательных процессах может быть выжата в виде „соляного купола“, подвергнуться новому растворению, переносу и переотложению. В южном Иране в настоящее время наблюдается поднятие на поверхность таких соляных куполов (клиньев), достигающих высоты 200—300 м, причем полосы соли от куполов вытягиваются наподобие глетчера. Запасы соли в соляных куполах огромны. У нас в Союзе также имеются районы с большим распространением таких соляных куполов, как, например, Урало-Эмбенский район (Гурьевская обл.)

В ассоциации с галитом часто находятся хлориды калия, магния, кальция, сульфаты натрия, калия, кальция, магния, самородная сера, нефть, углеводородные газы, сероводород, уголекислота, гелий и другие газы. Так как галит легко растворяется в воде,

то месторождения его узнаются по выходам соленых источников. Эти последние используются в промышленности в случае концентрации NaCl более 100 г на литр воды, но в особых случаях — и при меньших концентрациях.

Галит образуется при температуре выше 0°; ниже этой температуры, в случае отсутствия в растворе ионов SO₄, уже начинает выпадать гидрогалит, т. е. водный хлористый натрий, вероятно триклинной системы. Ниже — 22° из раствора выпадает криогалит, т. е. хлористый натрий со льдом. Последние минералы устойчивы только при низкой температуре. При повышении температуры выше нуля эти минералы переходят в соляной рассол, из которого выпадает уже обычный галит.

Гидрогалит и криогалит наблюдались в Якутии, в Илецкой защите, Кулундинской степи, на Баскунчакском озере и в других местах.

Галит выделяется также в виде возгона при вулканических извержениях.

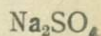
Прим. — см. выше.

Гл. м. — Сталинградская обл., район соляных озер (Эльтон и Баскунчак), солончаков и залежей; упомянутая выше область соляных куполов северо-западного Казахстана; громадные пластовые месторождения Славянского-Артемовской котловины и т. д. За границей колоссальная область соляных месторождений в США (Permian Salt) в ряде штатов (Тексас, Н. Мексика, Оклахома).

Главная часть солевого состава океанской воды (34 г/л).

Э. н. м. — галит от греч. — халс — соль, правильное было бы халит.

108. Тенардит



Х. с. — сульфат натрия Na₂O — 56,3%; SO₃ — 43,7%.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — коротко-призматические и табличатые кристаллы, зернистые массы и порошковатые скопления, корочки, выцветы.

Цв. — белый, буроватый.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 2,5.

Уд. в. — 2,67—2,68.

Исп. — плавится в пламени паяльной трубки, окрашивая пламя в желтый цвет; в воде растворяется; горького вкуса; реакция на серную печень.

$2V = 83^\circ$; $Nm = 1,477$; $Ng - Np = 0,013$.

Ген. — осадки в соляных озерах; выцветы солей в пустынь-

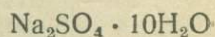
ных районах, в парагенезисе с другими растворимыми солями.

Прим. — в стекольном, содовом, красочном производстве, холодильном деле, медицине и др.

Гл. м. — Узунсу (Туркмения), оз. Балхаш (Казахская ССР), Шишинское озеро в Сталинградской области и в других местах.

Э. н. м. — в честь химика Тенара.

109. Мирабилит



Х. с. — водный сернокислый натрий; Na_2O — 19,30%; SO_3 — 24,80%; H_2O — 55,90%.

К. с. — моноклиная.

О. ф. — кристаллы по внешности напоминают авгит; обычно — в сплошных зернистых массах, выцветах, корках.

Сп. — совершенная.

Цв. — белый.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 1,5—2.

Уд./в. — 1,48.

Исп. — плавится, окрашивая пламя в желтый цвет; при прокаливании выделяет воду, дает реакцию на серную пещень, растворим в воде, горького вкуса.

— $2V = 80^\circ 26'$; $Nm = 1,437$; $Ng - Np$ — очень слабое.

Ген. — выпадает при низкой температуре из концентрированных растворов соленых озер; осаждается обычно зимой (летом осаждается галит). Выделяется и в возгонах вулканов. Для характеристики процессов, приводящих к кристаллизации мирабилита из водных растворов, можно привести данные опыта с кристаллизацией солей озера типа Танатар (группа содовых озер Павлодарской обл. Казахской ССР).

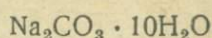
При общем содержании солей до 10% при охлаждении до -5° выделяется лишь один лед; при дальнейшем охлаждении до $-7,8^\circ$ вместе со льдом начинает выделяться сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; в это время рассол повышает концентрацию до 13%, и начинает выпадать мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; после охлаждения ниже $-7,8^\circ$ происходит выпадение бикарбоната NaHCO_3 . При $-22,5^\circ$ и при содержании солей в 23% происходит полное замерзание всего рассола с выделением двухводного гидрата хлористого натрия $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Гл. м. — Кара-Богаз-Гол — залив Каспийского моря — необычайно интересное „сезонное“ месторождение, выделяющее каждую зиму колоссальные запасы мирабилита (не менее 3 млрд. т). Баталпашинские озера (Черкесская АССР); С. Мухравань (Грузинская ССР); ряд соленых озер в Бурято-Монгольской АССР и др.

Прим. — как тенардит.

Э. н. м. — от лат. мирабилис — удивительный.

110. Сода



Натрит

Х. с. — водный карбонат натрия; Na_2CO_3 —45,5%; H_2O — 54,5%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — в виде налетов и корок.

Цв. — белый, серый, желтоватый.

Бл. — обычно тусклый.

Тв. — 1—1,5.

Уд. в. — 1,42.

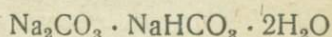
Исп. — плавится, окрашивает пламя в желтоватый цвет, растворяется в воде, щелочной вкус, с соляной кислотой вскипает.

Ген. — пустынные выцветы, составная часть черных солончаков пустынь, отлагается из содовых озер и щелочных нефтяных вод.

Выпадение соды, как и других растворимых солей, зависит от состава раствора, концентрации, температуры, давления и пр. (см. мирабилит).

Гл. м. — группа содовых озер между бассейнами Оби и Иртыша в Кулундинской степи (Павлодарская обл.); Танатар, Кучербак, Малиновое, Иодное и другие. Озера Голодной Степи близ Сыр-Дарьи (Южноказахстанская обл.); Доронинское озеро в Забайкалье.

111. Трона



Урао

Водная двойная соль углекислого и кислого углекислого натрия.

Х. с. — Na_2O —41,2%; CO_2 —38,9%; H_2O —19,9%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — пластинчатый, волокнистый или столбчатый; обычно налеты и пылевидные скопления.

Сп. — совершенная.

Цв. — серый, желтовато-белый.

Бл. — стеклянный, мерцающий.

Тв. — 2,5—3.

Уд. в. — 2,11—2,13.

Исп. — плавится перед паяльной трубкой, окрашивая пламя в желтый цвет, растворим в воде; вкус щелочной, вскипает с соляной кислотой.

— $2V = 72^\circ$; $Nm = 1,492$; $Ng - Nr = 0,128$.

Ген. — тот же, что и у соды.

Гл. м. — в пустынных выцветах и отложениях озер, там же, где и сода.

Э. н. м. — трона — арабское название.

Натрокальцит

- Х. с. — водная двойная соль углекислого натрия и углекислого кальция; Na_2CO_3 — 35,8%; CaCO_3 — 33,8%; H_2O — 30,4%.
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — выцветы и налеты, зернистые скопления и отдельные зерна; кристаллы удлинённые или плоские, клиновидные.
- Сп. — в двух направлениях.
- Цв. — белый, желтоватый, сероватый и бесцветный.
- Бл. — у прозрачных разностей — стеклянный; землистые — тусклые.
- Тв. — 2—3.
- Уд. в. — 1,94.
- Исп. — сплавляется в непрозрачный белый королёк; частично растворим в воде; энергично вскипает с кислотами.
- Ген. — выкристаллизовывается на дне содовых озёр; образует выцветы в пустынях.
- Гл. м. — Содовое озеро в штате Невада, США; оз. Лагунилья (Венецуэла, Южная Америка); в черных солонцах Средней Азии в смеси с другими солями.
- Э. н. м. — в честь французского химика Гей-Люссака.

КАЛИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Калий (К) — щелочной одновалентный металл первой группы. Атомный вес 39,10, порядковый номер 19, изотопы 39, 40, 41.

Радиус атома 2,23 Å, радиус иона 1,33 Å. Кларк 2,35.

Удельный вес 0,86 — один из самых лёгких металлов.

Плавится при 63,6°. Калий слабо радиоактивен, излучает γ-лучи.

Одна из солей калия — поташ — была известна в глубокой древности. Калий, как элемент, был впервые выделен Г. Дэви в 1807 г.

Калиевые соли окрашивают пламя в красновато-фиолетовый цвет; иногда окраска маскируется от присутствия солей натрия, поэтому применяются светофильтры, через которые видна красновато-фиолетовая окраска, присущая калию.

Соли калия почти все растворимы в воде, за исключением кремнефтористоводородной, алюмокремневой кислоты и группы нерастворимых квасцов (алунит).

Соли калия применяются главным образом в качестве удобрения, как химические реактивы, для приготовления жидкого стекла, в военном деле и пр.

Всего известно около 75 калиевых минералов, из них: 10 галоидов, 30 силикатов, 6 фосфатов, 1 нитрат, 2 бората и

25 фосфатов. Самородных, сернистых, простых окислов среди минералов калия не имеется.

Главнейшие калиевые минералы следующие:

Сильвин KCl
 Риннеит $FeCl_2 \cdot 3KCl \cdot NaCl$
 Карналлит $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$
 Кремерзит $KCl \cdot NH_4Cl \cdot FeCl_2 \cdot H_2O$
 Эритросидерит $2KCl \cdot FeCl_3 \cdot H_2O$
 Лейкофосфит $K_2(Fe, Al)_7(OH)_{11}(PO_4)_4 \cdot 6H_2O$
 Энглишит $4CaO \cdot K_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 4P_2O_5 \cdot 14H_2O$
 Карнотит $K_2O \cdot 2U_2O_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$
 Калиевая селитра KNO_3
 Тейлорит $5K_2SO_4 \cdot (NH_4)_2 \cdot SO_4$
 Афтиталит $(K, Na)_2 SO_4$
 Лангбейнит $K_2Mg_2(SO_4)_3$
 Каинит $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$
 Мизенит $6HKSO_4 \cdot K_2SO_4$
 Меркаллит $KHSO_4$
 Сингенит $CaSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot H_2O$
 Леонит $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$
 Пикромерит $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$
 Полигалит $2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$
 Калиевые квасцы $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$
 Альканасул $K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 2Al(SO_4)_3$
 Алузит $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 3Al(OH)_3$
 Левигит $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 3Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$
 Ортоклаз $K_2Al_2Si_6O_{16}$
 Лейцит $K_2Al_2Si_4O_{12}$
 Мусковит $H_2KAl_3(SiO_4)_2$.

Главная масса калия земной коры сосредоточена в алюмосиликатах, составляющих кислые — изверженные и излившиеся — породы. При разрушении последних этот элемент переходит в растворимые соли, в форме которых и происходит дальнейшая его концентрация. К таким солям относятся сильвин, карналлит, каинит и полигалит, которые мы и рассмотрим ниже.

Для промышленных целей калий добывается главным образом из этих четырех минералов, а также из золы растений (древнейший способ).

113. Сильвин

KCl

- Х. с. — хлористый калий; K — 52,4%; Cl — 47,6%.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — кубы, октаэдры, обычно зернистые массы.
 Сп. — по кубу.
 Цв. — бесцветный, белый, красноватый, кирпично-красный, голубоватый.
 Бл. — стеклянный.
 О. с. — вкус жгуче-соленый.
 Тв. — 2.
 Уд. в. — 1,98.
 Исп. — плавится, окрашивает пламя в красновато-фиолетовый цвет, растворим в воде, соленого вкуса, N — 1,4904.
 Ген. — выпадает главным образом из водных растворов

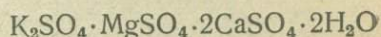
вместе с другими растворимыми солями, образуя большие скопления; часто в тесном сростании с каменной солью (сильвинит); реже встречается в вулканических возгонах.

Гл. м. — Соликамское месторождение (Пермская обл.) (см. карналлит); район соляных куполов Прикаспия (Гурьевская обл.); район соляных месторождений на границе Узбекистана и Туркмении, в предгорьях Кугитангских гор.

Из иностранных месторождений необходимо отметить Стасфуртское в Германии, как первое месторождение, эксплуатировавшееся на калий.

Э. н. м. — по старому названию алхимиков „саль дигестивус Сильвии“.

114. Полигалит



Х. с. — тройная водная сернокислая соль калия, магния и кальция; K_2SO_4 —28,93%; $MgSO_4$ —19,92%; $CaSO_4$ —45,17%; H_2O —5,98%.

К. с. — триклинная.

О. ф. — обычно плотные, листоватые и волокнистые массы.

Цв. — мяско-красный и коричневато-красный, голубоватый, реже светлосерый,

Бл. — жирный, просвечивающий в краях.

Тв. — 2,5—3.

Уд. в. — 2,72—2,78.

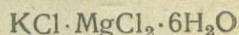
Исп. — на угле сплавляется легко в непрозрачный красноватый шарик; после прокаливания в восстановительном пламени становится белым и ноздреватым. В воде растворяется с выпадением гипса.
 $Nm = 1,562$; $Ng - Np = 0,019$.

Ген. — в калийно-соляном месторождении образует полигалитовую более глубокую зону; эта зона представлена: галитом — 91,2%, ангидритом — 0,7%, полигалитом — 6,2% и гидратом хлористого магния — 1,5%. Встречается также в виде небольших гнезд и примесей среди других калийных солей.

Гл. м. — Соликамское месторождение (Пермской обл.); Стасфурт — Германия, Зальцбург — Австрия.

Э. м. — от греч. полис — много солей.

115. Карналлит



Х. с. — водная двойная соль хлористого калия и магния — K —14,1%; Mg —8,7%; Cl —38,2%; H_2O —39,0%.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — кристаллы редки, обычно зернистые массы, расплывающиеся на воздухе.

Цв. — белый, желтый, зеленоватый, оранжевый, красноватый (от тонкой примеси железного блеска).

Тв. — 1.

Уд. в. — 1,60.

О. с. — вкус горько-жгуче-соленый.

Исп. — легко плавится, окрашивает пламя в фиолетовый цвет, растворим в воде, горького вкуса.
 $+2V=70^{\circ}$; $Nm=1,4753$; $Ng-Np=0,0272$.

Ген. — химический осадок, образует так называемую карналлитовую (верхнюю) зону месторождения. Эта зона в Стасфуртском месторождении состоит из карналлита 55%, галита 25%, кизерита ($MgSO_4 \cdot H_2O$) 16%, бишофита и других солей.

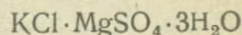
Гл. м. — Соликамск (Пермской обл.) — одно из крупнейших в мире месторождений калийных солей, образовавшееся в результате усыхания древнего пермского моря. Вместе со Стасфуртским (Германия) месторождением (но с некоторыми отличиями от последнего) служит примером закономерной кристаллизации солей в испаряющемся морском бассейне.

Верхняя часть месторождения представлена наиболее легко растворимой (поэтому кристаллизовавшейся в последнюю очередь) карналлитовой зоной, состоящей главным образом из тесной смеси карналлита и каменной соли в разных пропорциях; кроме каменной соли, присутствует ангидрит ($CaSO_4$), в небольших количествах примеси сидерита ($FeCO_3$), магнезита ($MgCO_3$) и халцедона (SiO_2). Анализ карналлитовой породы показал присутствие в ней брома и небольших количеств рубидия, таллия, радиоактивных веществ.

Ниже карналлитовой зоны лежит сильвинитовая зона, сложенная многократно чередующимися пластинами сильвинита ($KCl+NaCl$) и каменной соли ($NaCl$). В самом низу соляной толщи лежит мощный (200—400 м) слой „подстилающей“ соли. Еще далее книзу лежат глинисто-ангидритовая, известняково-глинистая и известняковая толщи.

Э. н. м. — в честь фон Карналля.

116. Кайнит



Кайнит

Х. с. — водная двойная соль хлористого калия и сернокислого магния; $K=15,7\%$; $MgO=16,1\%$; $O_3=32,2\%$; $Cl=14,3\%$; $H_2O=21,7\%$. Частично K замещен на Na ; минерал гигроскопичный, поэтому часто содержит больше воды, чем указано в формуле.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — иногда бывает в виде небольших друз, обычно зернистые массы и корочки, расплывающиеся на воздухе.

- Сп. — совершенная по призме, под углом 79° .
 Цв. — белый, желто-зеленый, бурый, голубовато-фиолетовый, серый, красноватый или темнокрасный.
 Тв. — 3.
 Уд. в. — 2,07—2,15.
 Исп. — легко плавится, растворим в воде.
 — $2V = 85^\circ$; $Nm = 1,505$; $Ng - Np = 0,022$.
 Ген. — сульфатные соляные месторождения, где иногда образует самостоятельные (верхние) зоны, как, например, в Калуце (В. Галиция). Чаше — в смеси с кизеритом, карналлитом, галитом и др.; получается в результате непосредственного осаждения или метаморфизации карналлита и кизерита ($MgSO_4 \cdot H_2O$).
 Гл. м. — В рапе Сакского озера в Крыму (с карналлитом, галитом, сульфатом магния и др.); Стасфурт (Германия) и Калуц (В. Галиция).
 Э. н. м. — от греч. кайнос — новый.

КАЛЬЦИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Кальций (Ca) — щелочноземельный двухвалентный металл второй группы.

Атомный вес 40,07, порядковый номер 20, изотопы 40, 41, 44.

Радиус атома 1,97 Å, радиус иона 1,06 Å. Кларк 3,25.

Удельный вес 1,54, температура плавления 843° .

Соли кальция были известны в глубокой древности. Металлический кальций получен Деви в 1808 г.

В воде растворяются хлористый, иодистый, бромистый и азотнокислый кальций; остальные соли плохо растворяются или совсем не растворяются. Из соединений кальция следует отметить следующие:

гидрид кальция CaH_2 или „гидролит“; применяется как исходный материал для получения водорода;

хлористый кальций $CaCl_2$ — реактив, медицинское средство, применяется в пищевой промышленности и т. д.;

сернистый кальций CaS применяется в светящихся красках;

карбид кальция Ca_2C применяется для получения ацетилена.

Ряд соединений кальция употребляется в строительном деле как вяжущие вещества.

Насчитывается около 300 кальциевых минералов. Среди них представлены самые разнообразные типы соединений. На долю силикатов и алюмосиликатов приходится 45%. Наибольшую роль в химии земной коры кальций играет в составе силикатов, алюмосиликатов и карбонатов. Главная масса минералов двух первых из названных групп сосредоточена в средних и кислых изверженных породах. При разрушении по-

следних кальций переходит в карбонаты и сульфаты, которые концентрируются в осадочных породах.

Ниже приводится список главнейших кальциевых минералов:

Ольдгамит CaS
 Флюорит CaF_2
 Тахгидрит $\text{CaCl}_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
 Портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 Кальцит } CaCO_3
 Арагонит }
 Доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
 Анкерит $\text{CaCO}_3 \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$
 Баритокальцит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{BaCO}_3$
 Алюмогидрокальцит $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 Гейлюссит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 Ангидрит CaSO_4
 Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Сингенит $\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Полигалит $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Инионт $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$
 Колеманит $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 Нитрокальцит $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 Тюямюунит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 Отэнит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Тангейт $2\text{CaO} \cdot 2\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Фармаколит $\text{HCaAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Апатит $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$
 Перовскит CaTiO_3
 Титанит CaTiSiO_5
 Шеелит CaWO_4
 Повеллит $\text{Ca}(\text{Mo}, \text{W})\text{O}_4$
 Анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
 Плаггиоклаз $n\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot m\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$
 Волластонит CaSiO_3
 Группа пироксенов, — Са-метасиликаты
 Группа амфиболов, — Са-метасиликаты
 Гроссуляр (гессонит) $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
 Андрадит (демантоид) $\text{CaFe}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
 Везувин $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaSiO}_3$
 Эпидот $3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$

Из всего этого списка мы рассмотрим только четыре важнейших кальциевых минерала: кальцит, арагонит, гипс и ангидрит. Эти минералы образуются в главной своей массе в коре выветривания.

117. Кальцит

CaCO_3

Известковый шпат

Х. с. — карбонат кальция; CaO — 56%; CO_2 — 44%; часто наблюдаются примеси магния, железа, марганца, замещающие Са. Возможны также разнообразные механические примеси: песчанистые, глинистые, смолистые, углистые и др.

К. с. — гексагональная — ромбоэдрическая (на фиг. 103 показано ионное строение кальцита).

О. ф. — необычайное богатство и разнообразие форм: различных типов скаленоэдры, призмы с комбинациями ромбоэдров и скаленоэдров и реже ромбоэдры (фиг. 104). Наибольшие количества — в зернистых и плотных массах, натечных, оолитовых, сталактитовых, землистых образованиях. Обычны полисинтетические двойники по ромбоэдру (фиг. 105).

Сп. — совершенная по ромбоэдру.

Цв. — часто белый и серый, бывают всех цветов спектра.

Бл. — стеклянный.

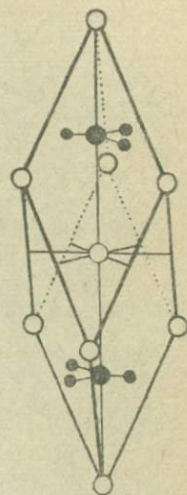
О. с. — исключительно сильное двойное лучепреломление.

Тв. — 3.

Уд. в. — 2,715.

Исп. — при 90° диссоциирует на CaO и CO_2 . CaO плавится при 1290° . Вскипает от действия холодной соляной и уксусной кислот. Не растворим в воде, но растворяется в ней при наличии углекислоты. Оптически одноосный, отрицательный.

$$N_g = 1,658; N_p = 1,486; N_g - N_p = 0,172.$$



● — С ○ — Са ● — О

Фиг. 103. Элементарная ячейка ромбоэдра в структуре кальцита.

Разн. — исландский шпат — яснокристаллическая, совершенно прозрачная разность кальцита. Прозрачные куски его, отбитые по спайности, удваивают рассматриваемые через них предметы. Поэтому такие разности употребляются для изготовления никелевых призм (николей) в поляризационных микроскопах; также для других оптических поляризационных приборов (колориметров, фотометров и др.). Обыкновенный кальцит — яснокристаллическая, не совсем прозрачная или только просвечивающаяся разность; антраконит — черный кальцит с примесями битумов и смол; бумажный шпат — тонкопластинчатые, листоватые формы кальцита; атласный шпат — тонковолокнистый с шелковым отливом; сталактиты и сталагмиты — натечные конусо- или сосулеобразные формы кальцита.

Породы, образованные кальцитом:
а) Неорганические

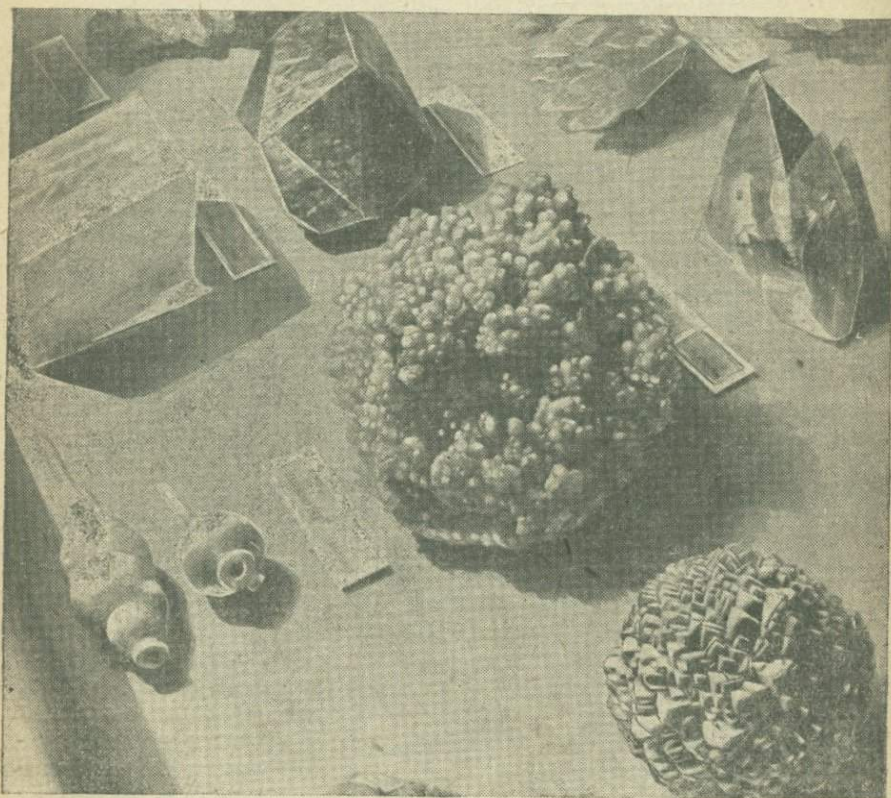
Мраморный оникс — слоистые, с ленточной текстурой, иногда разнообразно окрашенный — отложения восходящих и поверхностных источников.

Травертин — пористые, ноздреватые, иногда весьма мощные отложения источников и рек.

Известняки — плотные или тонкозернистые отложения углекислой извести в водных бассейнах (очень распространены).

б) Биогенные

Известняки — разнообразные и также широко распространенные скопления углекислого кальция,



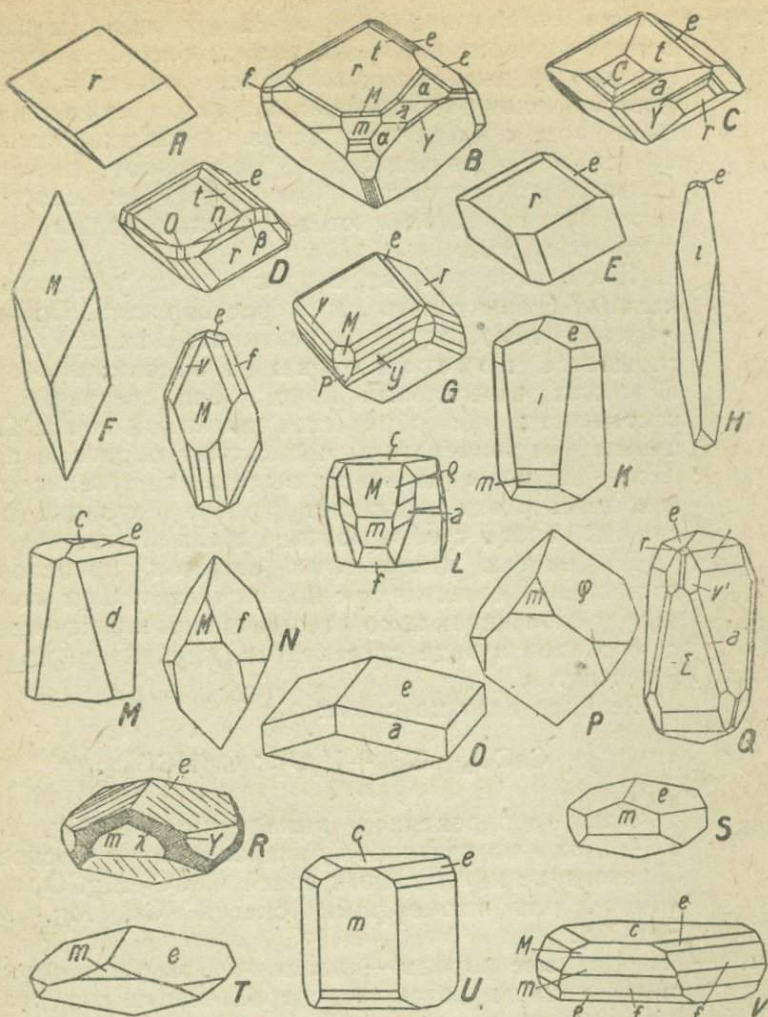
Фиг. 104. Углекислый кальций в виде кристаллов и агрегатов различных форм. Геол. музей им. А. П. Карпинского, Акад. наук СССР.

отлагаемого морскими растительными и животными организмами. Плотные, тонкозернистые породы.

Мел — рыхлые аморфные скопления, главным образом раковин мельчайших организмов (кокколитов, дисколитов и других фораминифер).

в) Метаморфические

Мраморы — полнокристаллические породы, образовавшиеся в результате контактного или регионального преобразования известняков.



Фиг. 105. Кристаллические формы кальцита ромбоэдрического облика.¹

α $(112\bar{0}) = (101)$, m $(401\bar{0}) = (211)$, c $(0001) = (111)$, r $(1011) = (100)$,
 M $(4041) = (311)$, O $(6061) = (13 \cdot 5 \cdot 5)$, i $(13 \cdot 0 \cdot 13 \cdot 1) = (944)$, τ $(16 \cdot 0 \cdot 16 \cdot 1) =$
 $= (11 \cdot 5 \cdot 5)$, e $(0112) = (110)$, ε $(0111) = (221)$, φ $(0554) = (332)$, f $(0221) =$
 $= (111)$, d $(0881) = (335)$, Σ $(0 \cdot 11 \cdot 11 \cdot 1) = (337)$, α $(4483) = (513)$,
 t $(2134) = (310)$, σ $(7186) = (701)$, n $(4153) = (401)$, λ $(3142) = (301)$, v $(2131) =$
 $= (201)$, v' $(7 \cdot 4 \cdot 11 \cdot 3) = (704)$, γ $(5382) = (503)$, ν $(3251) = (302)$, e $(4371) =$
 $= (403)$, β $(4261) = (11 \cdot 1 \cdot 7)$. Месторождения: А — Мадерангаль; В —
 Вюртемберг; С, D — Мюнстергаль Баден; E — Изер; F — Аунис; G — Редс-
 фиорд, Исландия; H — Кумберланд; I, K — Фрамонт; L, V — Андреасберг;
 M, N — Рейхсхофен; O — Глазго; P — Уэльс; Q — Дюнсберг; R — Кал-
 скиль; S, T — Марквирх, U — Фрейберг.

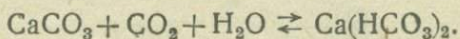
¹ Кроме того не редки кристаллы кальцита скаленоэдрического облика.

Ген. — весьма различный; выделяется крупными массами в мезо- и эпитеpmальных жилах, составляя тело — нередко рудных — жил; также на контактах. Выпадает из холодных источников, осаждается из водных бассейнов, с изменением условий среды; накапливается в результате гибели организмов, имеющих известковую раковину. При последних способах образования накапливаются огромные толщи известковых пород.

Как отмечено выше, в присутствии углекислоты кальцит сравнительно легко растворяется. При понижении температуры углекислота атмосферы поглощается поверхностными водами; протекая в массах известковых пород, они частично их растворяют; так образуется активный карст. При повышении температуры происходит обратный процесс — из воды начинает выделяться углекислота, и в связи с этим выпадает карбонат кальция (пассивный карст), с образованием сталактитов.

Во многих известковых пещерах происходит растворение известняка с новым выделением карбоната, обволакивающего стены пещеры и свисающего с ее сводов в виде сталактитов, причудливых занавесей и т. п.

Реакция идет по схеме:



При одновременном выпадении Ca, Mg, Mn, Fe — ионов из растворов бикарбонатов происходит образование или двойных солей $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (доломит), или изоморфных смесей (Ca, Mg, Mn, Fe) CO_3 .

Прим. — Кальцитовые породы — известняки, мел, мраморы — широко применяются как строительные материалы и как сырье для цементного и известкового производства. Прозрачный кальцит имеет специальное применение (см. выше).

Гл. м. — чрезвычайно распространенный минерал. Месторождения исландского шпата известны в СССР во многих районах, например в Крыму — в трещинах известняков у Байдарских ворот; близ Новороссийска (в трещинах среди мергелей), в Кабардино-Балкарии, по р. Угаму; в южном Казахстане и в других местах. Месторождения мраморов очень многочисленны; назовем лишь важнейшие: Челябинская обл. (Прохор-Баландино, Коэлга), Грузинская ССР (разнообразные цветные мраморы); Армянская ССР (то же); Крымская АССР (цветные мраморы Балаклавского района) и многие другие.

118. Арагонит



- Х. с. — карбонат кальция.
 К. с. — ромбическая, полиморфная разновидность CaCO_3 .
 О. ф. — призматические, игольчатые кристаллы, часты полисинтетические двойники, придающие кристаллам псевдогексагональный облик. Обычны оолитовые, натечные, плотные массы.
 Цв. — белый, серый, желтоватый, зеленоватый.
 Бл. — стеклянный.
 Сп. — нет (отличие от кальцита).
 Тв. — 3,5—4.
 Уд. в. — 2,94 (больше, чем у кальцита).
 Исп. — реагирует как кальцит; порошок арагонита, нагретый в пробирке с раствором $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, принимает розовато-фиолетовый цвет (отличие от кальцита).
 $-2V = 18^\circ 11'$; $Nm = 1,681$; $Ng - Np = 0,155$.
 Ген. — выпадение из холодных и горячих источников, но имеющих температуру ниже 100° ; значительно менее распространен, чем кальцит.

Биогенный—из арагонита часто состоят раковины; арагонитовыми образованиями являются жемчуг и перламутр. Частый спутник серных месторождений.
 Разн. — гороховый камень или Карлсбадский оолит, кристаллизация коллоида в виде мелких шарообразных скоплений; мраморный оникс — ленточно-слоистые натечные массы.

- Гл. м. — серное месторождение Шорсу — в Узбекистане; прекрасный мраморный оникс Агамзалу (Армянская ССР); Карлсбад в Чехии, серные месторождения в Сицилии и Арагонии.

Прим. — в красивых разновидях — поделочный камень.

Э. н. м. — по Арагонии в Испании.

119. Ангидрит



- Х. с. — сульфат кальция; $\text{CaO} - 41,18\%$; $\text{SO}_3 - 58,82\%$.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — табличатые или призматические кристаллы; зернистые (мрамороподобные), реже волокнистые и листоватые массы или порошокватые скопления.
 Сп. — дающая в трех направлениях расколы под прямым углом.
 Цв. — голубоватый, серый, белый, красноватый.
 Тв. — 3—3,5 (отличие от гипса).
 Уд. в. — 2,8—3,0.
 Исп. — трудно плавится (1450°), придавая пламени оранжевую окраску; с бурой сплавляется в прозрачное стекло, с плавиковым шпатом — в прозрачный перл, сполна растворяется в серной кислоте; разлагается углекислыми щелочами.
 $+2V = 42^\circ$; $Nm = 1,576$; $Ng - Np = 0,044$.

Ген. — редко гидротермальный. Наиболее обычно выделение из поверхностных водных растворов; обычный спутник каменной соли и других минералов соляных месторождений. Образуется также при дегидратации гипса, в который может вновь переходить, поглощая воду.

В Стасфуртском месторождении слагает ангидритовую зону, залегающую в нижней части месторождения; она состоит на 96% из галита и на 4% из ангидрита; ангидрит находится также в полигалитовой зоне в количестве 0,7% и в кизеритовой — 2%.

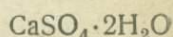
При поглощении воды и переходе ангидрита в гипс происходит увеличение объема на 33%.

Прим. — употребляется для ангидрит-цемента; иногда как поделочный камень.

Гл. м. — пещера Барнукова в Горьковском крае. Дер. Широкая (Самарская Лука, Куйбышевской обл.) — „жигулевский мрамор“; Красная гора — Архангельской обл., Камышбаши в Узбекистане и др., Бергамо в Италии.

Э. н. м. — от греч. безводный.

120. Гипс



Х. с. — водный сульфат кальция; CaO—32,5%; SO₃—46,6%; H₂O—20,9%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — толстотабличатые, призматические, иногда двойники прорастания; линзовидные, листоватые, волокнистые формы; зернистые (алебастр), плотные и порошковые массы; часто наблюдаются своеобразной формы двойники — ласточкин хвост. Листоватая форма иногда так сильно выражена, что эти разности напоминают слюду (резко отличаясь от нее по твердости).

Сп. — совершенная.

Цв. — оптические разности бесцветны и прозрачны; остальные окрашены во всевозможные цвета, однако преобладают белые, желтоватые и красноватые; встречается черный (битуминозный) гипс; нередко пестрые, пятнистые разности.

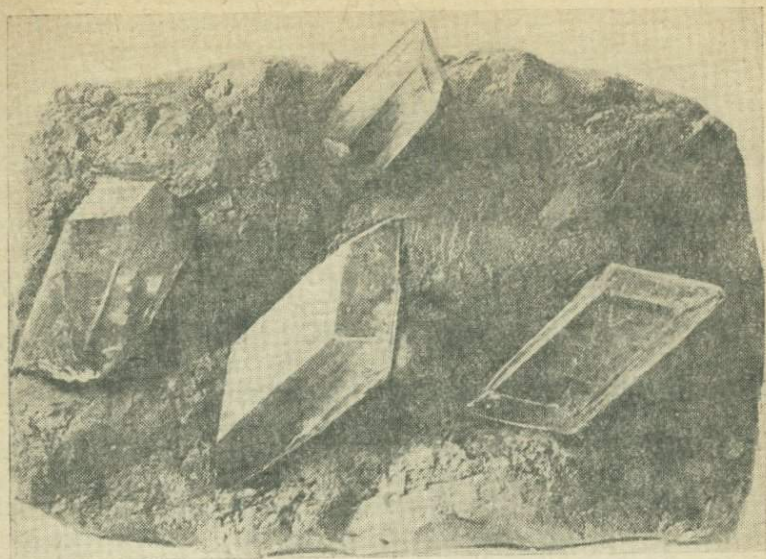
Бл. — стеклянный, иногда перламутровый с иризацией.

Тв. — 2 (чертится ногтем).

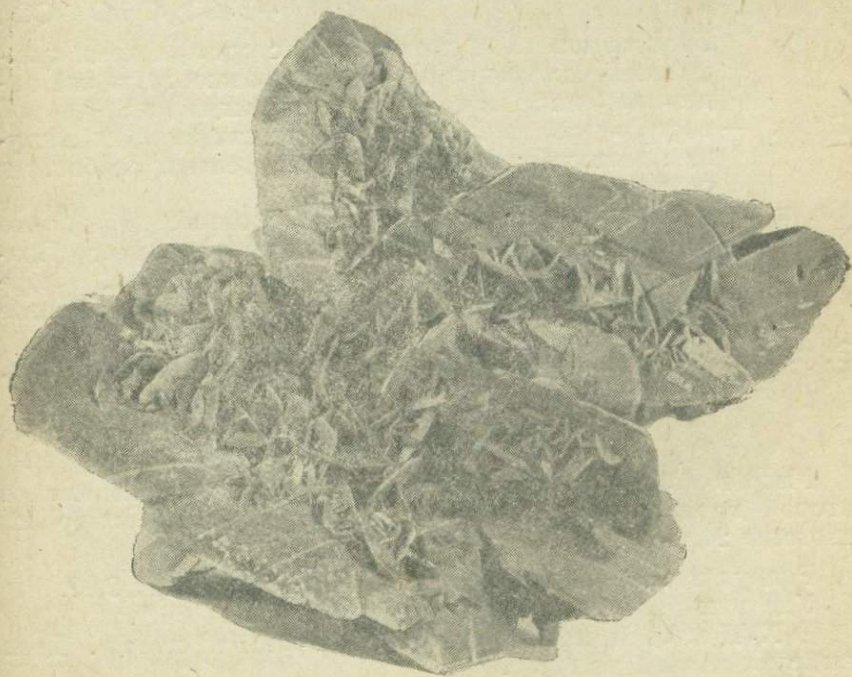
Уд. в. — 2,31—2,33.

Разн. — селенит — тонковолокнистый гипс с шелковистым или лунным отливом на полированной поверхности.

Исп. — перед паяльной трубкой гипс мутнеет, расщепляется на листочки и сплавляется в белую эмаль; с содой дает серную печень, в колбочке выделяет воду;



Фиг. 106. Кристаллы гипса.

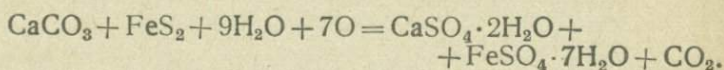


Фиг. 107. Гипсовая роза (сросток кристаллов гипса). Район оз. Баскунчак.

в соляной кислоте растворим; одна часть гипса растворяется в 420 частях воды при 16—20°.

При нормальном давлении и нагревании до 107° гипс переходит в полугидрат $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (штукатурный, медицинский гипс) с содержанием воды около 6%. Полугидрат с водой быстро затвердевает („схватывается“) с небольшим увеличением объема (до 1%). При более высоких степенях обжига (200—250°) способность схватываться все более понижается; после обжига при 400° гипс обезвоживается почти совершенно (обжиг „намертво“) и практически утрачивает способность схватываться. Однако при обжиге от 750 до 1000° он вновь начинает медленно твердеть, поглощая небольшие количества воды (эстрих-гипс, гидравлический гипс). $+2V = 58^{\circ}5'$; $Nm = 1,523$; $Ng - Np = 0,009$.

- Ген. — главным образом выпадает в усыхающих бассейнах вместе с ангидритом, каменной солью и др.; вторичный гипс получается при растворении первичного, переносе и дальнейшей кристаллизации гипса из испаряющейся воды. Нередко образование гипса в известняках и мергелях, содержащих серный колчедан. Реакции идут по следующей схеме:



Гипс такого типа связан с месторождениями сульфатов и самородной серы. Наблюдаются также выделения гипса из горячих восходящих вод.

- Прим. — в строительном деле — преимущественно как вяжущее вещество; белый, розовый, желтый алебастр и селенит — поделочные камни.
- Гл. м. — распространенный минерал. Огромные залежи его известны в пермских отложениях западного Приуралья (Кунгурский район) и Поволжья, в юре Кавказа и Северной Туркмении, в мезо-кайнозой Средней Азии.
- Э. н. м. — древние греки этим словом обозначали как гипс, так и мел — гипсос.

МАГНИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Магний (Mg) — щелочноземельный двухвалентный металл второй группы. Атомный вес 24,32; порядковый номер 12; изотопы 24, 25, 26.

Радиус атома 1,62 Å, радиус иона 0,78 Å. Кларк 2,35.

Удельный вес 1,741; температура плавления 651°.

В XVII в. соли магния называли горькими солями. Деви выделил магний в 1808 г.

Хлористая, бромистая, иодистая, азотнокислая и серно-

кислая соли магния растворимы в воде. Не растворимы в воде фтористые, углекислые, кремнекислые, фосфорнокислые и мышьяковокислые соли магния; нерастворим также гидрат окиси магния.

Металлический магний применяется в металлургии легких сплавов (магнолий), в металлургии для выделения редких металлов, в органическом синтезе; металлический магний применяется для освещения в фотографическом деле. Окись магния является сверхогнеупором. Хлористый магний с обожженным магнезитом дает быстровяжущий цемент (Сореля).

Всего имеется около 190 магниевых минералов, из них: галоидных 7, окислов 8, силикатов 103, карбонатов 12, фосфатов и арсенатов 20, боратов 16, ниобатов и титанатов 2, сульфатов 19.

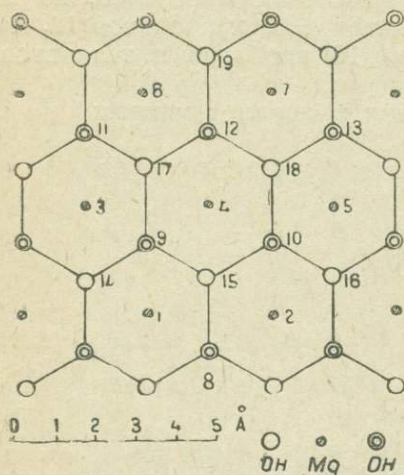
Приводим список главнейших минералов магния:

Селлаит MgF_2
Карналлит $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$
Бишофит $MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Тахидрит $2MgCl_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$
Боразит $5MgO \cdot MgCl_2 \cdot 7B_2O_3$
Гидроборазит $MgCaB_7O_{11} \cdot 6H_2O$
Вантгоффит $MgSO_4 \cdot 3Na_2SO_4$
Кайнит $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$
Кизерит $MgSO_4 \cdot H_2O$
Эпсомит $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Гексагидрит $MgSO_4 \cdot 6H_2O$
Астраханит $MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$
Леонит $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 4H_2O$
Пикромерит $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$
Полигалит $MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$
Пиккерингит $MgSO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 22H_2O$
Вагнерит $(MgF)MgPO_4$
Магнезит $MgCO_3$
Доломит $MgCO_3 \cdot CaCO_3$
Брусит $Mg(OH)_2$
Гидромагнезит $3MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$
Гидрожиобертит $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2$
Гидроталькит $MgCO_3 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot 4H_2O$
Периклаз MgO
Шпинель $MgO \cdot Al_2O_3$
Энстатит $MgSiO_3$
Гиперстен $(Mg, Fe)SiO_3$
Антофиллит $(Mg, Fe)SiO_3$
Тальк $3MgSiO_3 \cdot H_2SiO_3$
Оливин $(Mg, Fe)SiO_4$
Форстерит Mg_2SiO_4
Хондродит $2Mg_2SiO_4 \cdot Mg(F, OH)_2$
Гумит $3Mg_2SiO_4 \cdot Mg(F, OH)_2$
Кордиерит $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
Пироп $Mg(Al, Fe)_2SiO_6 \cdot Mg_2SiO_4$
Корнерупин $Mg_8(Al, B)_{12}Si_7O_{40}$
Сапфирин $Mg_5Al_{12}Si_2O_{27}$

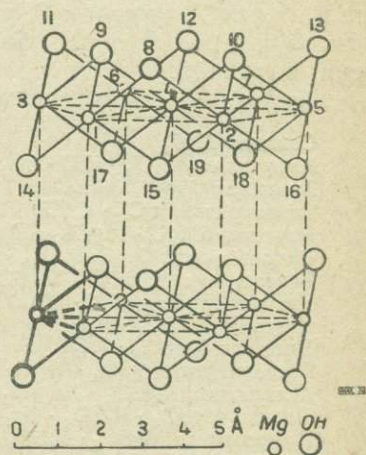
Из этого списка рассмотрим только брусит, магнезит, доломит, эпсомит и кизерит, из которых главным образом и добывают магниевые соединения, а также тальк, имеющий самостоятельное промышленное значение.

Немалит

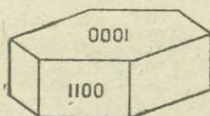
- Х. с. — гидрат окиси магния; MgO — 69,0%; H₂O — 31,0%; примеси железа.
 К. с. — гексагональная — тригональная.
 О. ф. — пластинчатые кристаллы напоминают по внешнему виду гипс (фиг. 108, 109 и 110); также листоватые массы, иногда волокнистые, асбестоподобные (немалит).



Фиг. 108. Структура брусита (пинакоид).



Фиг. 109. Структура брусита, объясняющая его слоистое строение.

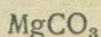


Фиг. 110. Кристалл брусита.

- С. п. — весьма совершенная.
 Цв. — бесцветный, белый, желтоватый, зеленоватый.
 Бл. — стеклянный, перламутровый.
 О. с. — гибкие листочки.
 Тв. — 2,5.
 Уд. в. — 2,38—2,4.
 Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; при прокаливании выделяет воду, после прокалывания реакция с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ на магний (красный цвет в окислительном пламени). Растворяется в кислотах. Одноосный, положительный; $N_g = 1,5815$; $N_p = 1,5617$; $N_g - N_p = 0,0198$.

- Разн. — немалит — волокнистая разность, ферронемалит — железистая разность.
- Ген. — образуется в коре выветривания при разрушении магнезиальных горных пород совместно с магнезитом, серпентином и гидратными минералами.
Искусственно образуется в паровых котлах из магнезиальных вод в виде накипи.
- Гл. м. — Башарта — Башкирская АССР; Пышминский завод и Гологорский рудник на Урале (Свердловская обл.). Немалит — р. Мирой в Якутской АССР; ферронемалит — р. Большая Лаба, Северный Кавказ.
- Э. н. м. — в честь американского минералога Брус, немалит — от греч. нема — нитка и литос — камень.

122. Магнезит

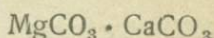


- Х. с. — карбонат магния — $\text{MgO} - 47,6\%$; $\text{CO}_2 - 52,4\%$.
Обычна изоморфная примесь Fe, также Ca, Mn, Zn, Co; в аморфном — нередко большая примесь SiO_2 .
- К. с. — встречается в двух модификациях: 1) кристаллической — гексагональной (тригональной) сингонии и 2) аморфной.
- О. ф. — кристаллы редки, обычно грубозернистые, мраморовидные скопления; фарфоровидные плотные натечные, капустообразные, землистые массы, желваки, натечи.
- Сп. — совершенная по ромбоэдру.
- Цв. — снежнобелый, серовато-белый, желтоватый или кирпичный.
- Бл. — у кристаллических разностей — стеклянный, у остальных — тусклый.
- Тв. — 3,5—4,5; у аморфного часто выше 5 (от SiO_2).
- Уд. в. — 3,1 — и у землистых разностей 2,8.
- Исп. — неплавкий, в соляной кислоте растворяется только при нагревании; реакция на магний с азотнокислым кобальтом. Оптически одноосный, отрицательный $N_o = 1,717$; $N_e = 1,515$, $N_g - N_p = 0,191$. Показатель преломления и двупреломления увеличивается пропорционально содержанию Fe.
- Разн. — железистые магнезиты постепенно переходят в сидерит (FeCO_3); различают:
- | | | | | |
|--------------|--------|---|-------------------|---------------------------|
| брейнерит | 95—70% | — | MgCO_3 , | остальное FeCO_3 |
| мезитин | 70—50% | ” | ” | ” |
| пистомезит | 50—30% | ” | ” | ” |
| сидероплезит | 30—5% | ” | ” | ” |
- Ген. — прямое выпадение из термальных вод (с рудными минералами); метасоматоз известняков горячими магнезиальными водами; изменение магнезиальных силикатов в коре выветривания по примерной схеме:
- $$\text{MgSiO}_3 + \text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} = \text{MgCO}_3 + \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}.$$

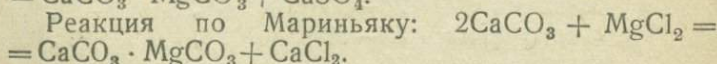
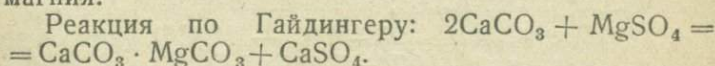
При реакциях этого типа образуются также гидраты железа, водные силикаты и вады с никелем и кобальтом; гидраты кремнезема и др.

- Прим. — применяется после обжига до спекания как огнеупорный материал (для конверторов); в слабо обожженном виде — для изготовления цемента Сореля (см. выше). В термической промышленности для термоизоляционных изделий и др.
- Гл. м. — кристаллического магнезита — Сатка (Челябинская обл.), пласты в доломитах. Аморфного магнезита — Халилово (Чкаловская обл.) — с опалом, никелевыми и кобальтовыми минералами.
- Э. н. м. — по химическому составу.

123. Доломит



- Х. с. — двойная соль углекислого магния и кальция; Mg — 21,7%; CaO — 30,4%; CO₂ — 47,8%; обычно изоморфное замещение магния железом и марганцем.
- К. с. — гексагональная — ромбоэдрическая.
- О. ф. — ромбоэдры, седлообразно изогнутые кристаллы; нередко псевдоморфозы, зернистые и сплошные массы, по внешнему виду похожие на известняки. Подобно кальциту, слагает огромные массы доломитов, доломитизированных известняков, мраморов, офикальцитов и др.
- Сп. — совершенная, по ромбоэдру.
- Цв. — белый, черный, всевозможных окрасок, обычно серовато-желтоватый.
- Бл. — стеклянный или перламутровый.
- Тв. — 3,5—4.
- Уд. в. — 2,87.
- Исп. — не плавится, растворяется только в горячей соляной кислоте, чем отличается от кальцита. Одноосный, отрицательный; Ng = 1,679; Np = 1,502; Ng — Np = 0,177. У кристаллических разновидностей характерны двойники скольжения, что также является отличием от кальцита.
- Ген. — минерал — чаще всего вторичный; образуется вследствие метаморфизации известняков (доломитизации) действием растворов хлористого или сернокислого магния.



По последней схеме происходит образование доломитов в нефтяных месторождениях с образованием хлоркальциевых вод. Так как у доломита удельный вес выше, чем у кальцита, то при образовании доломита происходит сокращение объема и, как результат этого, характерная трещиноватость.

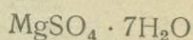
В несравненно меньшем масштабе доломит образуется в рудных мезотермальных жилах и при выветривании магнезиально-кальциевых силикатов, нередко псевдоморфозы по стеатиту, сидериту, каламину и др.

Прим. — огнеупор в черной металлургии; доломитизированные известняки широко употребляются в промышленности цементных материалов. Доломитовые мраморы обычно на практике не отделяются от кальцитовых.

Гл. м. — распространенный минерал, слагающий иногда огромные толщи осадочных пород. Общеизвестны подмосковные „мраморы“ (Подольский, Тарусский, Алексинский и др.).

Э. н. м. — в честь французского геолога Доломье.

124. Эпсомит



Горькая или английская соль

Х. с. — водный сульфит магния или магниевый купорос; $\text{MgO} - 16,3\%$; $\text{SO}_3 - 32,5\%$; $\text{H}_2\text{O} - 51,2\%$.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — кристаллы редки, обычно волокнистые, почковидные массы, корки, рыхлые скопления, порошкообразные налеты.

Цв. — снежно-белый или с легкими зеленоватыми или желтоватыми оттенками.

Бл. — стеклянный.

Тв. — 2—2,5.

Уд. в. — 1,75.

Исп. — на угле вначале плавится, после делается неплавким; в воде легко растворим, вкус горький. При 250° теряет воду и переходит в кизерит ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). — $2V = 51^\circ 25'$; $Nm = 1,455$; $Ng - Np = 0,028$.

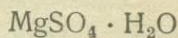
Ген. — выпадает из горячих источников; образуется как вторичный минерал в соленосных глинах, солончаках и соляных месторождениях; образуется также при действии серной кислоты (из сульфидов) на магнезиальные породы (серпентины, тальк, магнезит и др.).

Прим. — в медицине, в кожевенном, текстильном, красочном, мыловаренном и других производствах.

Гл. м. — встречается в пустынных солончаках Крыма и Средней Азии; крупное месторождение у кишлака Араб, близ Исфары в Таджикистане, в озерах Сталинградской обл. (Эльтон и др.).

Э. н. м. — от минерального источника Эпсом в Англии.

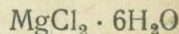
125. Кизерит



Х. с. — одноводный сульфат магния; $\text{MgO} - 29,0\%$; $\text{SO}_3 - 58,03\%$; $\text{H}_2\text{O} - 13,0\%$.

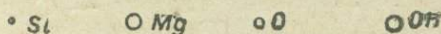
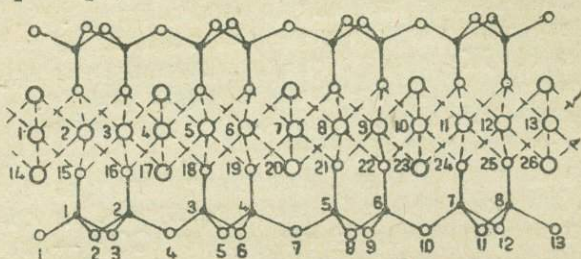
- К. с. — моноклинная.
 О. ф. — редко пирамидальные кристаллы, обычно тонкозернистые и плотные массы.
 Цв. — белый, сероватый, желтоватый.
 Бл. — стеклянный и тусклый.
 Тв. — 3—3,5.
 Уд. в. — 2,57.
 Исп. — в воде медленно растворяется; порошок кизерита, смоченный небольшим количеством воды, твердеет как гипс.
 $+2V = 57^\circ$; $Nm = 1,535$; $Ng - Np = 0,0654$.
 Ген. — очень распространен в калийных сульфатных соляных месторождениях и солончаках. В Стассфуртском соляном месторождении выделяется кизеритовая зона, содержащая кроме кизерита галит, ангидрит, полигалит и карналлит. На поверхности обращается в порошокватый эпсомит.
 Прим. — для изготовления быстровяжущих цементов и извлечения магнезия.
 Гл. м. — В озерах Сталинградской обл. (Эльтон) и Крымской АССР; в месторождении Шор-су (Узбекская ССР) и др. Стассфурт в Германии — наиболее крупное месторождение.
 Э. н. м. — в честь Кизера, президента Академии в Иене, в Германии.

126. Бишофит



- Х. с. — шестиводный хлористый магний.
 К. с. — моноклинная.
 О. ф. — зернистые, шестоватые или волокнистые образования, корки и налеты.
 Цв. — бесцветный, белый, желтоватый.
 Тв. — 1,5.
 Уд. в. — 1,59.
 Исп. — плавится, легко растворяется в воде, гигроскопичен. Дает отчетливую реакцию на магний, хлор и выделяет воду.
 $+2V = 79^\circ$; $Nm = 1,507$; $Ng - Np = 0,033$.
 Ген. — выпадение из соляных растворов (с карналлитом), образование в солончаках.
 Прим. — для изготовления быстровяжущих цементов и для получения металлического магния.
 Гл. м. — Сакское озеро, Перекопская группа озер и оз. Эльтон.
 Э. н. м. — в честь одного из первых геохимиков Бишофа.
 Заканчивая обзор минералов древних и современных соляных месторождений, дадим в сжатом виде общее представление о процессах солеобразования в усыхающем замкнутом бассейне.

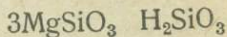
По акад. Н. С. Курнакову, порядок выпадения солей из морской воды, при испарении ее под влиянием солнечного тепла и сухого ветра, следующий: сначала выпадают гидраты окиси железа и углекислый кальций, затем при сгущении раствора до 17° Вé (Боме) начинает выделяться двухводный сернокислый кальций — гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Далее, при 25 — 26° Вé начинает садиться поваренная соль (NaCl). При концентрации рассола около 33° Вé к хлористому натрию присоединяется семиводный магний — эпсомит; при $33,8^{\circ}$ Вé выделяется шестиводный сернокислый магний — сакиит ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) или гексагидрат. При дальнейшем сгущении рапы рассола до $35,2^{\circ}$ Вé вместе с продолжающимися садиться хлористым натрием и гексагидратом появляется карналлит ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).



Фиг. 111. Структура талька.

Садка карналлита продолжается до сгущения рапы до $38,5^{\circ}$ Вé. После этого начинает осаждаться последняя соль — бишофит. При дальнейшем усыхании раствора, до самого конца, пока не образуется плотная корка, происходит выпадение хлористого натрия, гексагидрата, карналлита и бишофита.

127. Тальк



- Х. с. — кислая соль метакремневой кислоты — MgO — $31,7\%$; SiO_2 — $63,5\%$; H_2O — $4,8\%$; примеси железа, марганца, никеля и кобальта.
- К. с. — ромбический или моноклинный.
- О. ф. — листоватые, напоминающие слюду скопления (фиг. 111), также плотные скрытокристаллические массы.
- Цв. — яблочно-зеленый, зеленоватый, белый, серый и, реже, желтоватый.
- Сп. — совершенная по третьему пинакoidу.
- Бл. — жирный и перламутровый.
- Тв. — 1 — $2,5$ (стеатит); жирный на-ощупь.
- Уд. в. — $2,7$ — $2,8$.

- Исп. — неплавок, перед паяльной трубкой расщепляется и сильно светится, не растворим в кислотах и щелочах.
 $-2V = 0-30^\circ: Ng = 1,575-1,590; Np = 1,538;$
 $Ng-Np = 0,030-0,050.$
- Ген. — переработка магнезиальных силикатов (оливина, пироксенов, амфиболов) горячими углекислыми водами, а также магнезиальных карбонатов — кремнекислыми водами. Процессы этого рода идут обычно в зонах метаморфизма при высоком давлении. Участие талька в метаморфических породах очень велико. Кроме совершенно чистых выделений, он нередко входит в состав „тальковых сланцев“ (с кварцем, слюдой, хлоритом, актинолитом и др.) или „тальковых камней“ (с карбонатами).
- Разн. — плотный тальк называется стеатитом или жировиком. Жировик в смеси с хлоритом и другими примесями называется горшечным камнем.
- Прим. — как огнеупор (после обжига); в тонком размоле — для смазки трущихся частей, в бумажном, резиновом производстве, медицине и парфюмерии и др.
- Гл. м. — Миасский район (Челябинской обл.) и прилегающие к нему районы Башкирской АССР — многочисленные гидротермальные месторождения талька и стеатита (часто с пирофиллитом) — среди ультраосновных пород. Тальковые сланцы — Сыростан (Челябинской обл.), Шабры (Свердловской обл.).
- Э. н. м. — тальк — арабское слово.

СТРОНЦИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Стронций (Sr) — щелочной двухвалентный металл второй группы; атомный вес 87,63; порядковый номер 38, изотопы 86, 87, 88. Радиус атома 2,13 Å, радиус иона 1,27 Å. Кларк 0,035.

Удельный вес 2,63, температура плавления около 800°.

Соединения стронция были открыты в 80-х годах XVIII столетия в Шотландии, близ Стронциана, откуда элемент и получил свое название. В 1809 г. Деви выделил металлический стронций.

Галоидные, азотнокислые, сернистые соли стронция растворимы в воде, также гидрат окиси. Сульфаты, карбонаты, силикаты и алюмосиликаты не растворяются.

Соли стронция окрашивают пламя паяльной трубки в карминно-красный цвет. Прибавление нескольких капель $BaCl_2$ к раствору солей Sr маскирует эту окраску: пламя кажется зеленоватым; аналогичная (красная) окраска пламени от солей лития этим способом не маскируется. После прокаливания соли стронция дают щелочную реакцию. Серная кислота из солянокислого раствора осаждает $SrSO_4$.

Соединения стронция применяются главным образом в сахарной промышленности; также в медицине, пиротехнике, для светящихся составов временного действия, в металлургии — для дегазификации меди и обессеривания стали; металлический стронций применяется как присадка к некоторым сплавам.

Главнейшие стронциевые минералы:

Целестин	SrSO_4
Стронцианит	SrCO_3
Стронциано-кальцит	$(\text{Ca}, \text{Sr})\text{CO}_3$
Анкилит	$3\text{SrCO}_3 \cdot 4\text{Ce}(\text{OH})\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Ферморит	$(\text{Ca}, \text{Sr})_4 \cdot [\text{Ca}(\text{OH}, \text{F})] \cdot [(\text{P}, \text{As})\text{O}_4]_3$
Тихвинит	$2\text{SrO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Брюстерит	$(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (цеолит)
Ринколит	титаносиликат $\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Na}$

Из них рассмотрим только два первых минерала.

В магматических породах стронций находится в рассеянном виде, только в некоторых щелочных жильных породах наблюдается небольшая концентрация стронция в карбонатах, фосфатах и силикатах. Главная же масса стронция концентрируется в осадочных месторождениях, в минералах целестине и стронцианите, которые и будут рассмотрены ниже.

128. Целестин



Х. с. — сульфат стронция; SrO — 56,4%; SO_3 — 43,6%.

К. с. — ромбическая (фиг. 112).

О. ф. — призматические, табличатые пирамидальные кристаллы, зернистые и волокнистые агрегаты, натечные корки, псевдоморфозы по гипсу, метасоматические замещения известняков.

Сп. — совершенная в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Цв. — небесно-голубой, бледносиний, белый, желтоватый, красноватый, серый.

Бл. — стеклянный, иногда жемчужный.

Тв. — 3,5.

Уд. в. — 3,95—3,97.

Исп. — сплавляется в шарик, дает на угле серную печень, окрашивает пламя в карминово-красный цвет. В HCl почти не растворим. Растворим в H_2SO_4 и в двууглекислых щелочах.

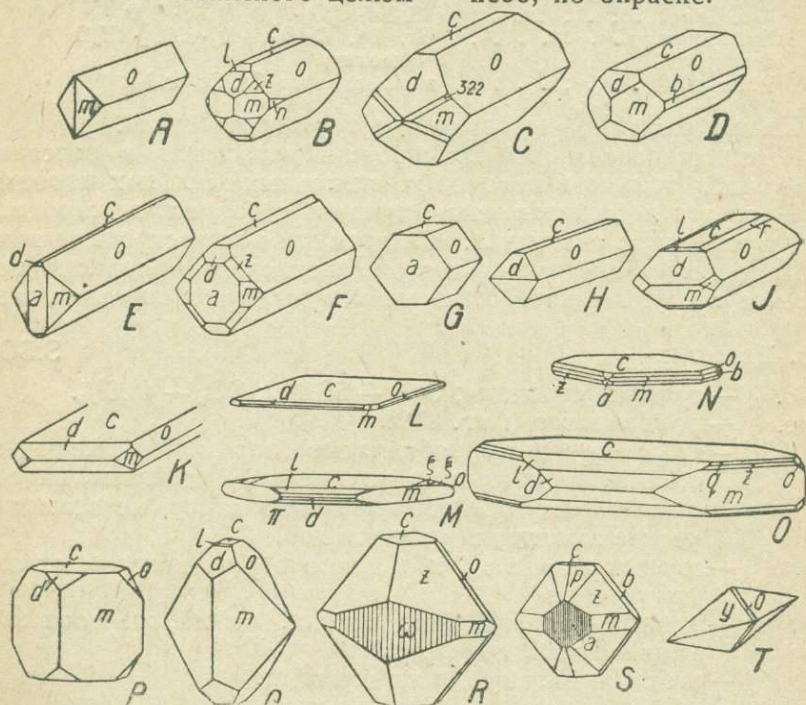
$$+ 2V = 51^\circ; Nm = 1,623; Ng - Np = 0,009.$$

Ген. — образуется в связи с нефтяными водами в серных месторождениях; чаще всего концентрируется среди осадочных пород, доломитов, мергелей и т. п., с гипсом, серой и др. Реже — в рудных жилах с баритом и сульфидами.

Прим. — см. общую часть о минералах стронция.

Гл. м. — Архангельская обл. (берега рр. Пинеги, Северной Двины); серные месторождения Шор-су в Узбекистане; Ляккан и Бабадагское месторождение в Таджикистане; серные бугры в Каракумах. Месторождения, вероятно, связанные с нефтяными водами. Кара-Богаз-Гол в Туркмении, Кисловодский район (Минеральные Воды), мыс Ильи в Крыму. В месторождении радиоактивных руд Табошара мелкие кристаллы целестина образовались в связи с кислыми рудничными водами. За границей — районы серных месторождений в Сицилии, Испании и Польше.

Э. н. м. — от латинского целюм — небо, по окраске.



Фиг. 112. Кристаллические формы целестина.

a (100), ω (750), m (110), n (120), b (010), o (011), r (015), ξ (0.1.10), z (0.1.20), c (001), l (104), d (102), z (111), q (113), π (214), p (324), y (1.10.10). Месторождения: А, Н, L, М, N, Т — Леоганг; В, S, Q — Бессарабия; G, F — Калабрия; D — Сицилия; E — Сиена; C, S — Озеро Тегерн; К — Мичиган; O — Венеция; P — Египет; R — Тироль. А — простейшая и наиболее частая форма этого минерала, обычно вытянутого по оси «а».

129. Стронцианит



Х. с. — карбонат стронция; SrO — 70,1%; CO₂ — 29,9%.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — игольчатые кристаллы, двойники по призме, похожие на арагонит; зернистые, столбчатые, волокнистые массы.

- Сп. — совершенная по призме.
 Цв. — бесцветный, белый, зеленый, желтоватый, коричневый, серый.
 Бл. — стеклянный на гранях и смолистый на изломе.
 Тв. — 3,5—4.
 Уд. в. — 3,71.
 Исп. — перед паяльной трубкой плавится только в острых краях, окрашивает пламя в кирпично-красный цвет. Растворяется в HCl со вскипанием.
 $-2V = 10^{\circ}36'$; $Nm = 1,664$; $Ng - Np = 0,150$.
- Ген. — встречается в гидротермальных рудных жилах; также выпадает из карбонатных вод при смешении их со щелочными или хлор-кальциевыми водами, связанными главным образом с нефтью; при нейтрализации кислых рудничных вод щелочными водами.
- Прим. — см. Общую часть.
- Гл. м. — минерал редкий; в Крыму — мыс Ильи и Кара-даг; Англия — Стронциан в Шотландии; Германия (Гамм в Вестфалии) — в мергелях.
- Э. н. м. — по местности в Шотландии, где впервые был изучен этот минерал.

БАРИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Барий (Ba) — двухвалентный элемент второй группы. Атомный вес 137,6, порядковый номер 56, изотопы 135, 136, 137, 138.

Радиус атома 2,17 Å; радиус иона 1,43 Å. Кларк 0,05. Уд. вес — 3,78, температура плавления 850°.

Барий как элемент был открыт Шееле и Ганом в 1774 г.

Соединения бария широко применяются в химической промышленности; в красочном производстве (баритовые белила, литопон), для борьбы с сельскохозяйственными вредителями; тонкомолотый барит — в качестве тяжелого наполнителя и т. д.

Соединения бария окрашивают пламя паяльной трубки в желтовато-зеленый цвет; с разбавленной серной кислотой образуют белый осадок серноокислого бария. Бариевые минералы характеризуются высоким удельным весом.

Серноокислая соль бария $BaSO_4$ не растворима в воде и кислотах, растворяется только в концентрированной серной кислоте и слабо — в щелочах. Углекислая соль бария растворяется в кислотах.

В химии земной коры соединения бария не играют заметной роли. Барий входит в состав полевых шпатов (в группу целезиана), в некоторые цеолиты — гармотом, брюстерит, уэльсит. Главная же масса этого элемента концентрируется в барите $BaSO_4$ и в меньшей степени в витерите $BaCO_3$, откуда

этот элемент и добывается. Барит нередко образует тело мезотермальных жил с рудами свинца, цинка и меди.

Главнейшие бариевые минералы:

Барит	$BaSO_4$
Витерит	$BaCO_3$
Баритокальцит . .	$BaCO_3 \cdot CaCO_3$
Нитробарит	$Ba(NO_3)_2$
Ураноцирцит . . .	$Ba(UO_2)_2P_2O_8 \cdot 8H_2O$
Цельзиан	$BaAl_2Si_2O_8$
Гиалофан	$BaAl_2Si_2O_8 \cdot m K_2Al_2Si_6O_{16}$
Барилит	$BaBe_2Si_2O_7$
Гармотом	$p (Ba, Sr, Na_2, K_2, Ca) Al_2Si_2O_8 \cdot q (Ba, Ca, Na_2K_2) Al_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O$
Брюстерит	$(Sr, Ba, Ca) Al_2Si_6O_{16} \cdot 5H_2O$
Уэльсит	$(Ba, Ca, K_2) Al_2Si_5O_{10} \cdot 3H_2O$

Бариевые полевые шпаты — цельзиан и гиалофан — образуются в связи с изверженными породами. Гармотом, брюстерит и уэльсит — в связи с поствулканическими процессами в эффузивных породах. Из гидротермальных вод выпадают барилит, барит, баритокальцит и ураноцирцит. В осадочных породах в результате деятельности хлор-кальциевых или щелочных вод происходит образование месторождений барита и реже витерита. Нитробарит образуется вместе с другими нитратами в верхней части коры выветривания.

Из этих минералов мы рассмотрим только барит и витерит, являющиеся главными бариевыми рудами. Барит более распространен, чем витерит.

130. Барит

$BaSO_4$

Тяжелый шпат

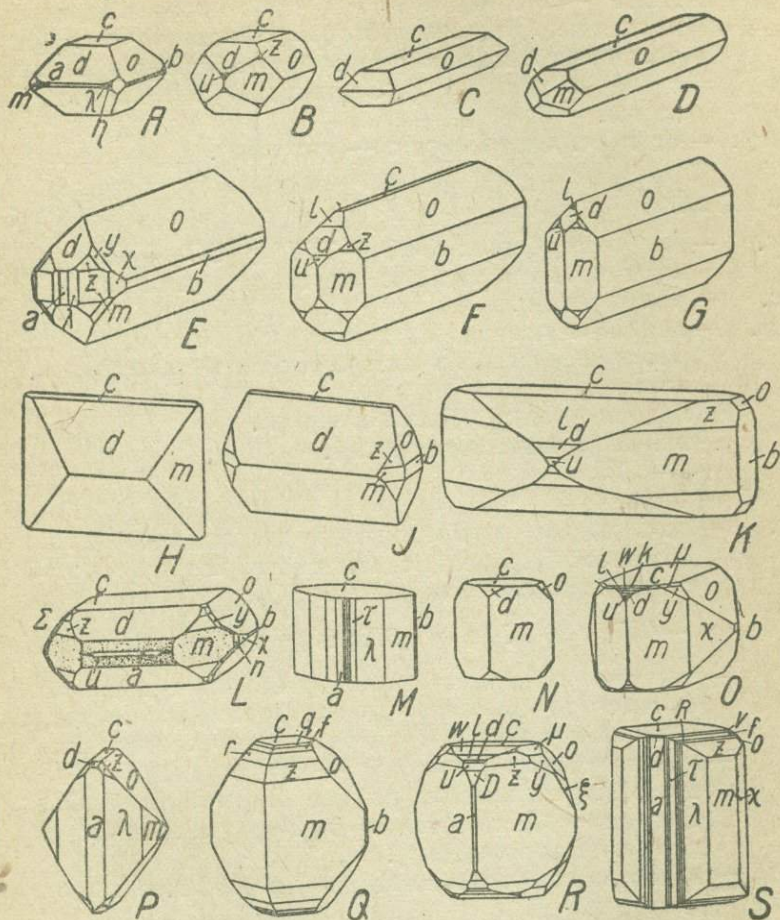
- Х. с. — сульфат бария; BaO — 65,7%; SO_3 — 34,3%; примеси Sr, Ca, Fe и Mn.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — табличатые и призматические кристаллы, гребенчатые и зубчатые формы, шаровидные, листоватые агрегаты, зернистые массы (фиг. 113).
- Сп. — совершенная по базису и призме (см. фиг. 6).
- Цв. — белый, серый, голубоватый, красный, бурый, черный, часто окрашен гидроокислами железа в ржавые цвета.
- Бл. — стеклянный, реже жирный.
- О. с. — имеются прозрачные, оптические разности.
- Тв. — 2,5—3,5.
- Уд. в. — 4,5.
- Исп. — плавится перед паяльной трубкой при температуре 1580° ; с содой дает на угле серную печень, окрашивает пламя в желто-зеленый цвет.

$$+2V = 37,5^\circ; Nm = 1,637; Ng - Np = 0,012.$$

Разн. — оптический барит;

болонский шпат — конкреции, после прокаливании фосфоресцирует.

Ген. — отлагается в теле мезотермальных жил с кварцем, флюоритом, кальцитом, сидеритом, витеритом и рудными минералами (PbS, ZnS, CuFeS₂ и др.). Пе-



Фиг. 113. Кристаллические формы барита.

a (100), λ (210), η (320), m (110), h (450), n (120), z (130), b (010), i (021), o (011), φ (012), c (901), ω (106), i' (104), g (103), d (102), u (101), D (302), U (201), P (116), v (115), q (114), f (113), r (112), z (111), μ (124), τ (410), k (109), Σ (121), y (122), ξ (142). Месторождения: А, В, С, N — Гарстиген; D — Дерне; E — G — Вернаска; H, I — Шибрам; K — Ливорно; L — Монте Веккио; M — Мина Педрозо; O, R — Кайзерштуль; P — Шнейль; Q — Валь Даоста; S — Чаская гора.

реотлагаясь поверхностными водами (хлор-кальциевыми, щелочными и др.), образует гнездовые, конкреционные и пластовые скопления в осадочных породах, цементируя рыхлые породы. Эти концентрации барита нередко обусловлены участием биогенных процессов.

Гл. м. — мощные жилы белого барита в Арпаклене и другие месторождения Копет-дага в Туркмении; баритовая пещера в радиевом месторождении Тюя-Муюн (в Киргизии); обширный район Кутаисских месторождений Грузии гидротермального типа; Карельская АССР — линзы барита в доломитизированных известняках Оленьего острова (Онежское оз.). Месторождения оптического барита известны в Таджикистане в системе р. Зеравшан и в Кабардино-Балкарии.

Э. н. м. — от греч. слова барюс — тяжелый.

131. Витерит



Х. с. — карбонат бария; $\text{BaO} - 77,7\%$; $\text{CO}_2 - 22,3\%$; бывают примеси кальция, марганца и железа.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — двойники псевдогексагонального облика, зернистые, плотные массы, лучисто-шестоватые скопления.

Сп. — неясная.

Цв. — медово-желтый, белый и серый.

Бл. — жирный, реже стеклянный.

Тв. — 3—3,75.

Уд. в. — 4,29—4,35

Исп. — сплавляется в прозрачное стекло, в соляной кислоте растворяется с шипением, из этого раствора серная кислота осаждает BaSO_4 .

$$-2V = 16^\circ; Nm = 1,676; Ng - Np = 0,148.$$

Ген. — изредка выпадает в гидротермальных жилах (со свинцом); возможно, что образуется также как вторичный продукт в баритовых месторождениях.

Гл. м. — крупные месторождения — Арпаклен, Куру-чай и др. в Каракалинском районе Туркменской ССР; в Англии — Сеттмингстон в Нортумберленде (свинцовые месторождения).

Э. н. м. — в честь Витеринга, который в 1782 г. открыл этот минерал.

МИНЕРАЛЫ ФТОРА

Фтор (F) — галоген, элемент седьмой группы, одновалентный. Атомный вес 19,00; порядковый номер 9. Радиус атома 0,68 Å, радиус иона 1,33 Å. Кларк 0,08.

Фтор — газ, при -187° сгущается в жидкость, при -273° затвердевает.

Муассан в 1886 г. выделил фтор в свободном виде. (О применении см. описание плавикового шпата.)

Из соединений фтора наибольшее значение имеют фториды, производные фтористоводородной кислоты (HF).

Фтористоводородная или плавиковая кислота растворяет кремнезем, образуя летучий тетрафторид кремния (SiF_4).

Плавиковая кислота растворяет стекло, но на золото и платину не действует; на свинец действует только с поверхности. Качественное определение фтора заключается в том, что от действия концентрированной серной кислоты на фториды выделяется HF , вызывающая разъедание и помутнение стекла. Фтор — типичный элемент кислой остаточной магмы, где он является одним из энергичнейших летучих минерализаторов. Фтор входит в состав многих магматогенных минералов, апатитов, слюд, пегматитовых, пневматолитовых и контактовых минералов; выделяется при вулканических процессах, концентрируется главным образом в термальных жилах в плавиковом шпате; кроме этого большие его концентрации образуются в связи со щелочными породами — во фторапатите. Скапливается он также в осадочных породах, в фосфорите — курските, ратовките.

Главнейшие минералы фтора следующие:

Криолит $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$
Хиолит $5\text{NaF} \cdot 3\text{AlF}_3$
Гиератит K_2SiF_6
Малладрит Na_2SiF_6
Флюорит CaF_2
Виллиомит NaF
Замбонинит $\text{CaF}_2 \cdot 2\text{MgF}_2$
Селлаит MgF_2
Флюеллит $\text{AlF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Топаз $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$
Хондродит $2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2$
Гумит $3\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2$
Клиногумит $4\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2$
Вагнерит $(\text{MgF})\text{MgPO}_4$
Апатит $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$
Курскит $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3 \cdot \text{CaF}_2 \cdot \text{CaCO}_3$

Фтор входит также в слюды, везувиан, редкоземельные минералы. Некоторые минеральные источники содержат повышенное количество фтора, например, Виши (Франция), где содержание фтора в воде достигает 4,5 мг/л.

Фтор находится в морской воде, из которой он выделяется в биохимических процессах, фиксируясь в костях, зубах и раковинах организмов.

Из всех этих минералов мы рассмотрим только флюорит и топаз; остальные распространенные минералы рассмотрены в других главах.

132. Флюорит

CaF_2

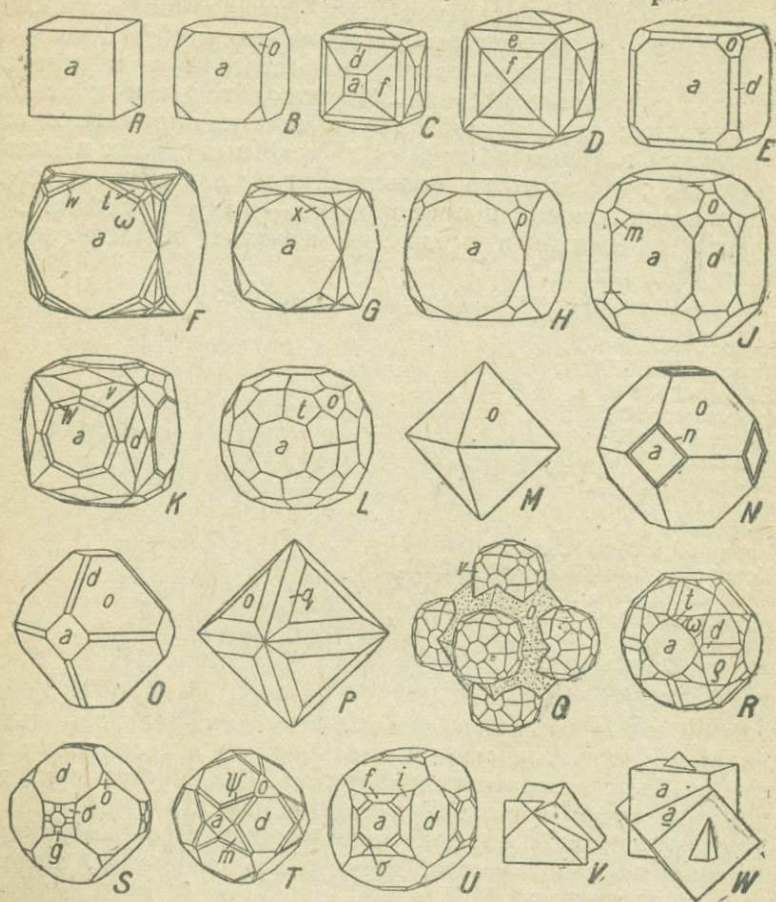
Плавик, плавиковый шпат

Х. с. — F — 48,9%; Ca — 51,1%.

К. с. — кубическая.

О. ф. — часто превосходно образованные кубы и октаэдры; зерна; сплошные, зернистые массы (фиг. 114).

- Сп. — совершенная по октаэдру (см. фиг. 8).
 Цв. — все цвета спектра, также белый и черный.
 Бл. — стеклянный, на плоскостях спайности иногда иризирует.
 О. с. — при осторожном нагревании — фосфоресцирует в темноте. Прозрачные разновидности (оптический флюорит) пропускают инфракрасную часть спектра.



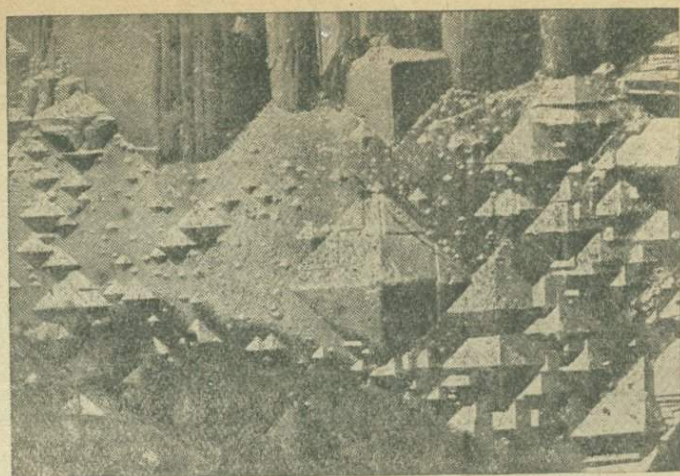
Фиг. 114. Кристаллические формы флюорита.

a (100), d (110), o (111), g (910), f (310), e (210), σ (911), i (611), m (311), ω (833), n (211), ρ (441), q (331), p (221), t (421), v (731), w (821), W (931), x (11 · 5 · 3), ψ (20 · 14 · 3). Фигуры $A-L$ дают представление о кристаллах с гексаэдрическим обликом, $M-R$ — октаэдрическим и $S-U$ — ромбододекаэдрическим, V и W — двойники прорастания.

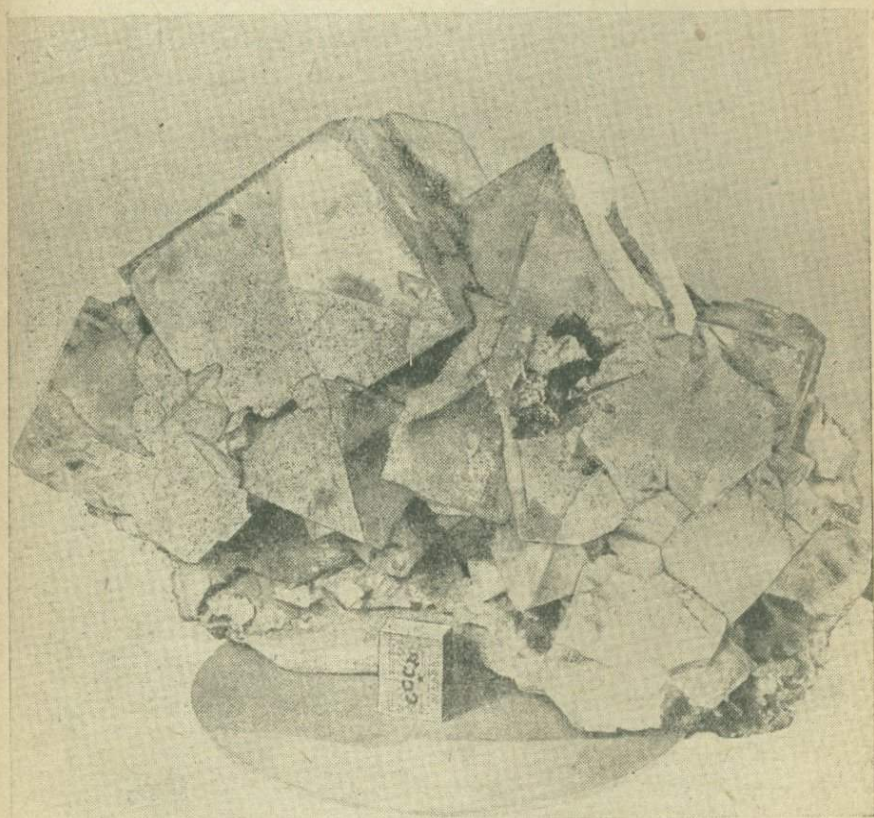
Тв. — 4.

Уд. в. — 3,1—3,25.

Исп. — перед паяльной трубкой в тонких осколках плавится, окрашивая пламя в желто-красный цвет; обычно осколки растрескиваются по спайности. При нагревании порошка плавикового шпата с серной



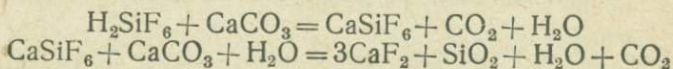
Фиг. 115. Фигуры растворения на грани куба флюорита.



Фиг. 116. Друза кристаллов флюорита. Месторождение Куликалон, Таджикская ССР.

кислотой выделяется плавиковая кислота, которая разъедает стекло. $N = 1,4338$. Часто наблюдаются оптические аномалии, выражающиеся в появлении в кристалле участков с двойным лучепреломлением. Ген. — отдельными зернами — в кислых и щелочных изверженных породах; главным образом в пневматолитах (с бериллом, топазом, вольфрамитом, касситеритом и др.) и гидrolитах. Главная масса концентрируется в эпитеpмальных и мезотермальных месторождениях, где флюорит слагает тело жил часто почти совершенно чистыми массами, или с кварцем, кальцитом, иногда — с рудными сернистыми минералами (галенит, сфалерит и др.); землистая разность образует прослойки в осадочных породах. Аморфная разность — ратовкит — образуется, возможно, биогенным путем.

Образование плавикового шпата в известняках идет с отложением кремнезема по схеме:



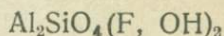
Иначе говоря, на одну часть кремнезема образуются три части плавикового шпата.

Прим. — плавиковый шпат употребляется в значительном количестве для получения плавиковой кислоты; из него готовят искусственный криолит, необходимый при электролизе алюминия. Оптические разности употребляются для изготовления спектроскопов и других физических приборов. Цветные разности служат поделочным камнем. Остальные сорта идут как пламень в металлургии.

Гл. м. — преимущественно гидротермального типа: Аурахмат в Казахстане, Такоб и Куликолон (оптический плавик) в Таджикистане (см. табл. XII, фиг. 2 на стр. 425), Калангуй и Абагайтуй в Бурято-Монголии и др. В Англии Кумберленд; Кентукки в США.

Э. н. м. — флюор или фтор, плавик — пламень, способствует понижению температуры плавления железных и других руд.

133. Топаз



Тяжеловес

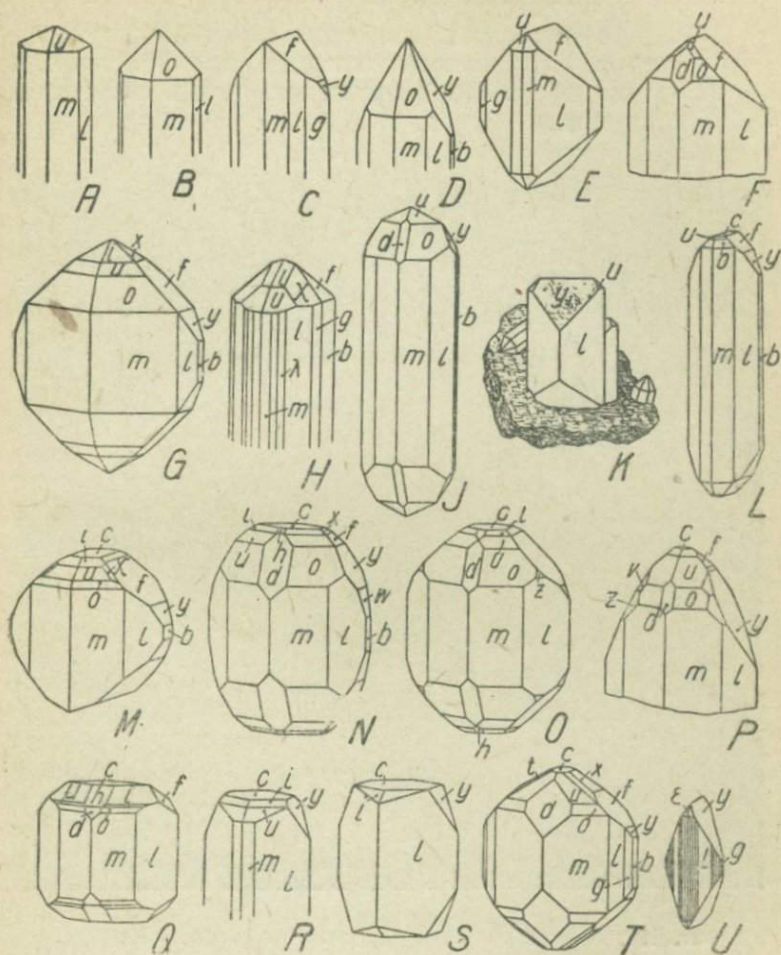
Х. с. — фторангидрид; F около 17%; Si — 15,5%; Al — 29,9%; O — 36,9%.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — обычны богатые формами превосходно образованные кристаллы: ромбические призмы в комбинации с бипирамидой и пинакоидом (фиг. 117).

Сп. — совершенная по базису.

Цв. — бесцветный, винно-желтый, белый, сероватый, розовый, голубой.
 Бл. — стеклянный.
 Тв. — 8.
 Уд. в. — 3,53—3,56.



Фиг. 117. Кристаллические формы топаза.

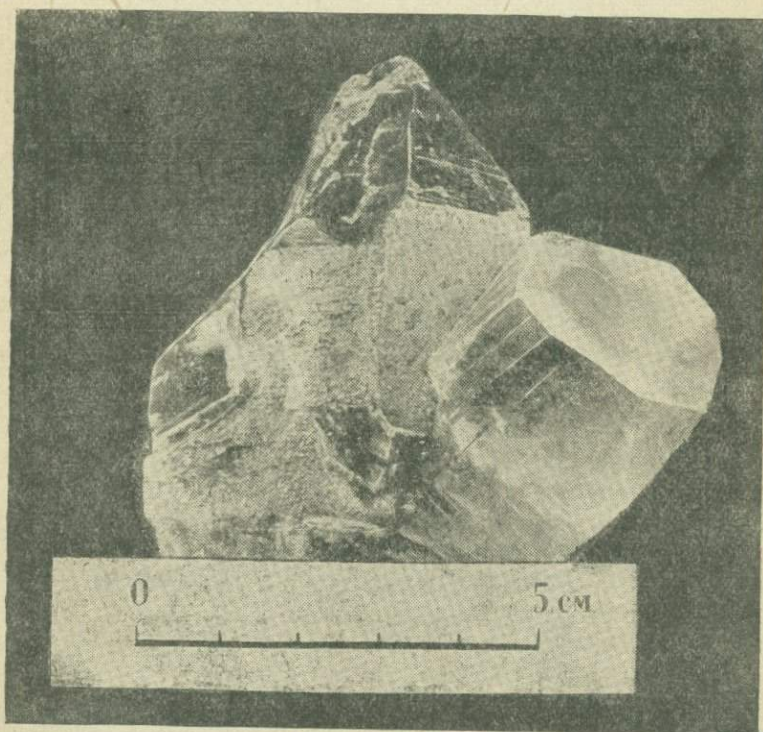
m (110), l (470), l (120), g (130), b (010), w (041), y (021), f (011), x (023), c (001), h (103), d (101), o (111), u (112), i (113), e (114), z (121), v (122), X (123), t (135). Месторождения: *A, H* — Бразилия; *B* — Юта; *C, F, P, Q* — Забайкалье; *D, E* — Мексика; *G, N, O, T* — Урал; *J, L* — Дуранго; *K* — Адунчолон (Забайкалье); *M* — Пейкс Пик; *R, S* — Алабашка (Урал); *U* — Фрамонт. Типичным для топазов всех месторождений является хорошее развитие зоны [001].

Исп. — не плавится, кислотами не разлагается, кроме H_2SO_4 , которая слегка его растворяет. Прокаленный порошок минерала после смачивания $Co(NO_3)_2$ и нового прокалывания в окислительном пламени становится

голубым. При сплавлении с фосфорной солью происходит выделение HF, действующей на стекло.

$+2V = 65-48^\circ$; $Nm = 1,6104-1,6308$; $Ng - Np = 0,0104-0,0086$.

Ген. — образуется в пегматито-пневматолитовых процессах из остаточных растворов гранитной магмы, совместно с бериллом, литиевой слюдой, касситеритом, флюоритом, дымчатым кварцем, вольфрамитом, висмутом и др. По разрушении пород собирается в россыпях.



Фиг. 118. Кристалл топаза, выросший на дымчатый кварц.

Прим. — прозрачные разности являются драгоценным камнем.

Гл. м. — Урал — пегматитовые жилы Мурзинки, Ильменских гор; Читинская обл. — Борщевочный Кряж — пегматитовые жилы, Шерловая Гора (пневматолитически преобразованные участки гранита); верховья р. Пскема в Казахстане. Значительное месторождение ограночных топазов — дер. Писаревка (Житомирская обл. УССР).

Э. н. м. — греч. Топазиос — остров в Красном море, где в древнее время добывался этот минерал.

МЫШЬЯКОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Мышьяк (As)—элемент пятой группы, встречается в земной коре в двух-, трех- и пентавалентном состоянии.

Атомный вес 74,91; порядковый номер 33.

Радиус атома 1,40 Å, радиус иона 0,69 Å; может быть 0,3—0,4 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-4}$.

Удельный вес (кристаллической модификации) 5,72, температура кипения 616°, при нагревании возгоняется, не плавясь.

Мышьяк был известен очень давно; о нем имеются указания Аристотеля, но в чистом виде был получен алхимиками в XIII в.

Мышьяк образует два окисла: As_2O_3 и As_2O_5 ; первый окисел с водой образует мышьяковистую кислоту $As_2O_3 + 3H_2O = 2H_3AsO_3$; второй окисел образует мышьяковую кислоту H_3AsO_4 . Соли мышьяковистой кислоты называются арсенитами, мышьяковой—арсенатами. В природе последние представлены довольно обширной группой минералов (например, скородит— $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$).

Известны следующие сульфиды мышьяка: As_4S_3 , As_4S_4 , As_2S_3 и As_2S_5 ; As_2S_3 не растворим в воде и в кислотах, но легко растворяется в сернистых щелочах, образуя сульфосоли; это происходит и с пентасернистым мышьяком.

Мышьяковистый водород (AsH_3), подобно сероводороду, дает соли с тяжелыми металлами (арсениды), в которых мышьяк играет роль, аналогичную сере в сульфидах. Арсениды занимают заметное место среди минералов мышьяка (смальтин $CoAs_2$, хлоантит $NiAs_2$, сперрилит $PtAs_2$ и др.).

Соединения мышьяка при прокаливании образуют летучий возгон и издают запах чеснока; со смесью Кобелля они дают на гипсовой пластинке оранжево-желтый налет.

Металлический мышьяк применяется для изготовления некоторых сплавов, в том числе ружейной дроби. Соединения мышьяка ядовиты, поэтому в большинстве случаев их применяют в борьбе с сельскохозяйственными вредителями; вместе с тем в определенной дозировке соединения мышьяка широко применяются в медицине; кроме того, мышьяк применяется для изготовления ярких красок.

Главная масса мышьяка сосредоточена в мышьяковом колчедане, образующемся в гипо- и мезотермальных жилах; он входит также в состав сульфосолей серебра и меди и, наконец, в сульфиды, выпадающие из растворов в верхних частях эпитеpmальных жил, совместно с сурьмой и ртутью.

В коре выветривания все соединения мышьяка переходят в мышьяковые кислоты.

Ниже приводится список минералов мышьяка:

Самородный мышьяк As
Реальгар As_2S_2
Аурипигмент As_2S_3
Арсенопирит $FeAsS$

Лёллинит FeAs_2
 Смальтин CoAs_2
 Хлоантит NiAs_2
 Раммельсбергит $(\text{Fe})\text{NiAs}_2$
 Кобальтин CoAsS
 Герсдорфит NiAsS
 Сперрилит PtAs_2
 Глаукодот $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$
 Сафлорит CoAs_2
 Витнеит Cu_9As
 Альгодонит Cu_6As
 Домейкит Cu_2As
 Скуттерудит CoAs_3
 Пирсеит $9\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 Теннантит $4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 Прустит $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 Склероклаз $\text{Pb}_3 \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 (сарторит)
 Лорандит $\text{Ti}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 Энардит $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
 Арсенолит As_2O_3
 Гайдингерит $\text{HCaAsO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Фармаколит $\text{HCaAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Эритрин $\text{Co}_3 (\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Аннабергит $\text{Ni}_3 (\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Оливинит $\text{Cu} (\text{CuOH}) \text{AsO}_4$
 Адамин $\text{Zn} (\text{ZnOH}) \text{AsO}_4$
 Миметезит $\text{Pb}_4 (\text{PbCl}) (\text{AsO}_4)_3$
 Скородит $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Питтицит $n \text{FeAsO}_4 \cdot m \text{FeSO}_4 \cdot q \text{H}_2\text{O}$

Из этого списка рассмотрим только реальгар, аурипигмент, арсенипирит и скородит, которые являются главными рудами на мышьяк.

134. Реальгар

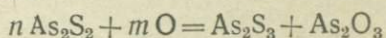
As_2S_3

- Х. с. — моносulfид мышьяка; As — 70,1%; S — 29,9%.
 К. с. — моноклиная.
 О. ф. — короткостолбчатые кристаллы, грани призматической зоны покрыты вертикальной „штриховкой“; зернистые сплошные массы, корки.
 Сп. — параллельна клинопинакoidу и ортопризме, излом раковистый.
 Цв. — красный до оранжевого. Черта оранжево-желтая.
 Бл. — смолистый до стеклянного.
 О. с. — в сплошных и плохо кристаллизованных разностях встречаются прорастания лорандита — таллиевой сульфосоли, самородного мышьяка и аурипигмента.
 Тв. — 1,5—2.
 Уд. в. — 3,5.
 Исп. — дает на угле серную печень; возгон и налет мышьяка. При накаливании издает характерный чесночный запах.
 Опт. — в тонких осколках просвечивает.
 — $2V = 40^\circ$; $Nm = 2,68$; $Ng - Np = 0,15$;
 сильный плеохроизм.

Ген. — верхние части эпитермальных жил, совместно с аурипигментом и антимонитом, возгоны с нашатырем, самородной серой и борными минералами в связи с деятельностью вулканов; выделения из горячих источников, выделения в связи с деятельностью нефтяных вод в соляных куполах; образуется также в результате разложения мышьяковых сульфосолей; образуется при каменноугольных пожарах.

Параген. — киноварь, антимонит, аурипигмент, лорандит.

Изм. — от действия света и кислорода воздуха переходит в аурипигмент:



при окислении в присутствии воды дает соли мышьяковой кислоты.

Прим. — мышьяковая руда.

Гл. м. — Рачинские месторождения (Грузинская ССР), Чаувайское (Киргизия), Кагызман в Турции, Альхар в Македонии и др.

Э. н. м. — от арабского рай-альгар — пещерный или рудный порох.

135. Аурипигмент



Х. с. — трисульфид мышьяка; As — 61,0%; S — 39,0%.

К. с. — моноклинный, ранее считался ромбическим.

О. ф. — обычно пластинчатые, слюдообразные массы.

Сп. — совершенная по (010) и слабая по (100).

Цв. — лимонно-желтый до золотисто-желтого.

Бл. — перламутровый параллельно спайности и смолистый в другом направлении.

О. с. — спайные листочки напоминают слюду, гибкие, но не эластичные, легко ломаются.

Тв. — 1,5—2.

Уд. в. — 3,4—3,5.

Исп. — дает серную печень, налет и возгон мышьяка; при нагревании выделяет характерный чесночный запах. Растворим в царской водке и едких щелочах.

Опт. — просвечивает в тонких пластинках. Плоскость оптических осей (001).
+ 2ε = 70°24'; Nm = 2,72; Ng — Np = 0,6; сильный плеохроизм.

Разн. — диморфин из фумарол Флегрейских полей, Италия.

Ген. — образуется совместно с реальгаром в верхних частях эпитермальных месторождений, выделяется из горячих источников, возгонов вулканов, в связи с деятельностью нефтяных вод в соляных куполах; образуется в связи с разложением сульфосолей и реальгара; получается при каменноугольных пожарах.

Изм. — при окислении переходит в арсенолит As_2O_3 и самородный мышьяк.

- Прим. — руда на мышьяк; употребляется в красильном деле.
 Гл. м. — Рачинские месторождения (Грузия), Чаувайское (Киргизия), ряд месторождений на Кавказе и в Средней Азии; в северном Иране, в Афганистане, в Мазарском районе, Кагызман в Турции, Альхар в Македонии, Капник в Румынии и др.
 Э. н. м. — от латинского аурум — золото и пигмент — краска.

136. Арсенопирит

FeAsS

Мышьяковый колчедан

Миспикель

- Х. с. — As — 46,0⁰/₀; S — 19,7⁰/₀; Fe — 34,3⁰/₀; примеси кобальта (иногда значительные), никеля, селена и др. Часто содержит большие количества вкраплений золота.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — короткостолбчатые, сплюсненные кристаллы; часто зернистые и плотные массы.
 Сп. — по призме.
 Цв. — серебряно-белый, оловянно-белый, стально-серый; поверхность кристаллов часто бывает серой или покрыта зеленоватой корочкой скородита.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 5,5—6.
 Уд. в. — 5,9—6,2.
 Исп. — в восстановительном пламени сплавляется в магнитный шарик, дает серную печень, возгон мышьяка, в окислительном — налет мышьяка; при прокаливании издает чесночный запах; в HNO₃ разлагается с выделением серы и мышьяковистой кислоты.
 Ген. — пневматолиты, контакты (с касситеритом, вольфрамитом и др.); гипо- и мезотермальные жилы с серобромом, свинцом, цинком, медью, золотом, с рудами Co и Ni.

Прим. — главная руда на мышьяк.

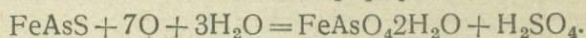
- Гл. м. — Шерловая Гора (Читинская обл.) — с касситеритом, бериллом, топазом, висмутовым блеском и др. Учмичак (Киргизия), Бричмулла (Казахстан), Такели и Мосриф (Таджикистан), Кочкарский район на Урале (Челябинская обл.) — гипотермальные золото-кварцевые жилы с арсенопиритом и пиритом. Цена в Сванетии (Груз. ССР). За границей: Фрейберг в Германии, в США Франклин из Нью Джерси и др.
 Э. н. м. — по химическому составу.

137. Скородит

FeAsO₄ · 2H₂O

- Х. с. — водный арсенат железа; As₂O₅ — 49,8⁰/₀; Fe₂O₃ — 34,6⁰/₀; H₂O — 15,6⁰/₀.
 К. с. — кубическая.

- О. ф. — мелкие октаэдрические и призматические кристаллы; обычно натечные, плотные массы, пористые и землистые скопления.
- Сп. — заметная.
- Цв. — зеленый разных оттенков, беловатый, желтый, коричневый и черноватый.
- Бл. — у кристаллов стеклянный, у плотных разностей смолистый и тусклый.
- Тв. — 3,5—4.
- Уд. в. — 3,1—3,2.
- Исп. — на угле сплавляется в серый магнитный шарик, дает возгон мышьяка, при прокаливании издает запах чеснока; растворим в соляной кислоте.
 $+ 2V = 62 - 70^\circ$; $Nm = 1,793 - 1,774$; $Ng - Np = 0,027$.
- Ген. — образуется как вторичный минерал при окислении мышьякового колчедана по формуле:



В присутствии пирита и вмещающих известковых пород при окислении получается не только скородит, но и ряд других минералов, например, питтит, фармаколит и пр.

- Гл. м. — Бричмулла (Казахстан), Мосриф (Таджикистан), Шерловая Гора (Читинская обл.).
- Э. н. м. — от греч. скородон — чеснок, так как при прокаливании издает запах чеснока.

РТУТНЫЕ МИНЕРАЛЫ

Ртуть (Hg) — двухвалентный металл второй группы. Атомный вес 200,01; порядковый номер 80.

Имеется 9 изотопов (193, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204).

Радиус атома 1,55 Å, радиус иона 1,12 Å. Кларк 1×10^{-4} .

Удельный вес при 0° — 13,59, при обычной температуре ртуть жидкая, при -39° затвердевает; удельный вес твердой ртути 14.

О ртути имеются сведения еще у Теофраста, около 300 лет до нашей эры.

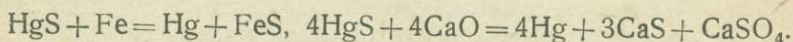
Ртутные минералы при прокаливании с добавками дают возгон ртути. Характерные свойства ртути следующие: она существует в виде металлической ртути; обладает способностью растворять большинство металлов, образуя амальгамы; соединяется с серой в сульфобазу, сернистую ртуть HgS; с хлором дает HgCl — каломель и HgCl₂ — сулему; первая трудно растворима в воде, последняя — легко. При прибавлении к каломели аммиака образуется смесь амидохлоридортути и ртути $n\text{HgClNH}_4 + m\text{Hg}$ черного цвета.

При растворении ртути в азотной кислоте получается нитрат ртути Hg(NO₃)₂; это соединение является исходным продуктом для получения в лаборатории большинства ртутных

соединений; оно легко гидролизуется на окись ртути и азотную кислоту. Имеется еще закисная соль $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — сильный восстановитель, легко растворимый в воде.

Сульфат ртути Hg_2SO_4 , трудно растворимый в воде; медленно разлагается водой с выделением еще более трудно растворимых основных солей зеленовато-желтого цвета. Сульфат окиси ртути HgSO_4 кристаллизуется с водой, в воде растворяется в незначительной степени.

Ртуть добывается главным образом из киновари при обжиге ее с железом или с известью



Ртуть применяется для физических и химических приборов; во взрывном деле — гремучая ртуть (аммонийные соединения ртути); в электротехнике, в медицине и зубоврачевании; при добыче драгоценных металлов (амальгамировании); в металлургии некоторых сплавов; для приготовления зеркал (амальгама); в текстильном деле; для изготовления красок.

Ртутные минералы концентрируются в верхах эпитермальных жил и в продуктах выветривания этих месторождений.

Минералы ртути:

Самородная ртуть Hg
Амальгама серебра (Hg, Ag)
Амальгама золота (Hg, Au)
Киноварь HgS
Метациннабарит HgS
Ливингстонит $\text{HgS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$
Ртутная блеклая руда — шватцит $3\text{HgS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
Тиманнит HgSe
Онофрит Hg (S, Se)
Колорадоит HgTe
Каломель Hg_2Cl_2
Эглестонит $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$
Терлингвайт Hg_2ClO
Монтрондит HgO

Из этих минералов рассмотрим самородную ртуть, амальгаму, киноварь и каломель.

138. Самородная ртуть

Hg

Х. с. — элементарная ртуть с примесью Ag и механическими примесями.

О. ф. — мелкие капли жидкой ртути (при передвижении образцов капли ртути перемещаются и могут потеряться).

Уд. в. — 13,5.

Исп. — растворяется в HNO_3 , не дает серной печени, легко улетучивается, образует амальгаму серебра, меди и пр.

Ген. — вторичный минерал в зоне окисления месторождений киновари. Часто ртуть, ввиду ее подвижности,

не замечают при поисковых работах; возможно, что она встречается в природе чаще, чем принято думать.

- Гл. м. — Никитовка (Сталинская обл., Донбасс), Гюльгарычай или Хпек в Дагестанской АССР; Караелча (Туркмения) и др. За границей самородная ртуть находится почти во всех ртутных месторождениях, например в Альмадене (Испания), Идрии и Монте Амиате (Италия).

139. Амальгама серебра

$n\text{Hg} \cdot m\text{Ag}$

Х. с. — Hg до 73,6%; Ag от 26,4%.

К. с. — кубическая.

О. ф. — мелкие ромбододекаэдры или сплошные пластинчатые разности, вкрапленные зерна, налеты.

Цв. — серебряно-белый.

Бл. — металлический.

Тв. — 3—3,5.

Уд. в. — 10,5—14.

Исп. — перед паяльной трубкой ртуть улетучивается, остается королек серебра. В закрытой трубке получается возгон ртути. Растворима в азотной кислоте. Разновидности: аркверит Ag_{12}Hg и конгсбергит Ag_{32}Hg .

Ген. — зона окисления ртутных и серебряных месторождений в виде мелких рассеянных кристаллов или зерен.

Гл. м. — известны за границей: Альмаден (Испания), Палатинат (Германия), Конгсберг (Норвегия), Аркверос (Чили) и др. У нас амальгамы найдены в Нагольном Кряже и на Алтае.

140. Киноварь

HgS

Циннабар

Х. с. — Hg — 86,2%; S — 13,8%; сернистая ртуть. Практически серы всегда бывает больше 13,8%; часты механические примеси глинистых, железистых, органических веществ.

О. ф. — редко хорошо образованные мелкие кристаллы ромбоэдров с комбинацией трапецоэдра. Обычно вкрапленники, сплошные массы, корочки, иногда землистого вида (фиг. 119).

Сп. — совершенная по (010).

Цв. — алый, красный и свинцово-серый; от примесей битумов буровато-красный и даже черный. Цвет черты алый.

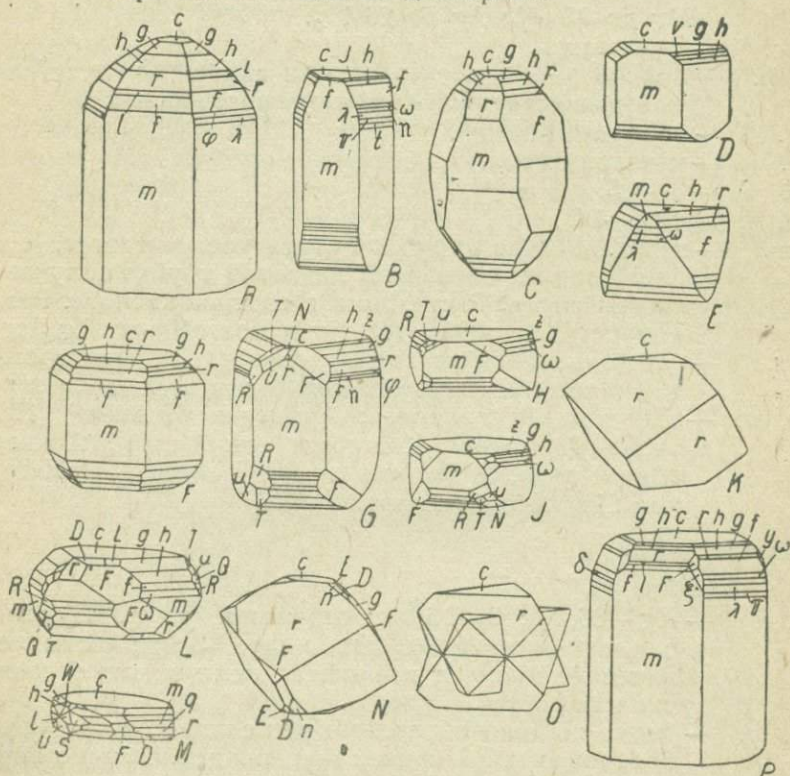
Бл. — алмазный до металлического; землистые разности и выветрившиеся поверхности, в особенности галек киновари — тусклы.

Тв. — 2—2,5,

Уд. в. — 8—8,25.

Исп. — дает серную печень, возгоняется (в отсутствии кислорода) при 580°. При нагревании с порошком железа (без примеси окиси и гидратов окиси железа) обра-

зуются сернистое железо и металлическая ртуть. Растворима в царской водке при нагревании (на холоду не растворяется) с выделением серы и образованием серной кислоты. Растворима в сернистых щелочах (Na_2S), в HBr и HJ с выделением сероводорода. Прозрачна в различной степени — в тонких осколках. Высокий показатель преломления $N_e = 3,272$ и большая сила дупреломления $N_e - N_o = 0,359$. Наблюдается сильная круговая поляризация и сильная дисперсия.



Фиг. 119. Кристаллические формы киновари. Месторождение Авала в Сербии.

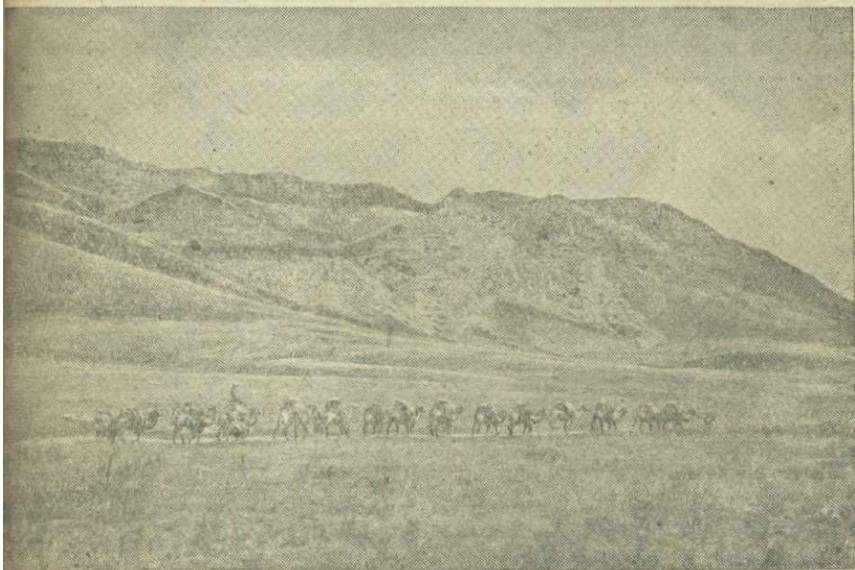
g ($10\bar{1}4$), h ($10\bar{1}3$), r ($10\bar{1}2$), f ($10\bar{1}1$), l ($20\bar{2}3$), t ($04\bar{4}1$), π ($03\bar{3}1$), λ ($05\bar{5}2$), δ ($05\bar{5}3$), n ($07\bar{7}4$), ω ($03\bar{3}2$), φ ($05\bar{5}4$), i ($02\bar{2}5$), J ($0 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10$), ν ($01\bar{1}6$), z ($01\bar{1}8$), ξ ($11\bar{2}1$), y ($11\bar{2}3$), u ($11\bar{2}4$), n ($11\bar{2}8$), N ($11\bar{2}9$), D ($2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 14$), E ($5 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 26$), F ($5 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10$), L ($3 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 23$), Q ($21\bar{3}5$), R ($31\bar{4}4$), S ($41\bar{5}5$), T ($3 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 12$).

Разновидности: обыкновенная и печенковая киноварь; последняя представляет смесь углеводорода с обычной киноварью.

В случае большого количества углеводородов получается горючая ртутная руда. Полиморфная раз-



Фиг. 1. Общий вид золоторудного месторождения Майкаин — на переднем плане кварцевая жила. (Казахстан).



Фиг. 2. Главное рудное поле Хайдаркана, Киргизская ССР.

ность — метациннабарит кристаллизуется в кубической системе; также сплошной, почковидный.

Цв. — серовато-черный до серого; черта черная.

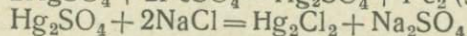
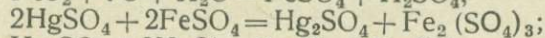
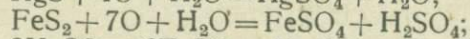
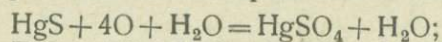
Бл. — металлический, непрозрачный.

Тв. — 3.

Уд. в. — 7,7—7,8.

Ген. — образуется в эпитегрмальных месторождениях, как первичный минерал. Выпадает также из горячих источников, например Стимбот Спринг в Неваде, США. Из кислых растворов выпадает метациннабарит, из щелочных — киноварь.

Парагенезис; киноварь — реальгар, аурипигмент, антимонит, марказит, пирит, золото; минералы жильного тела: кварц, халцедон, кальцит, флюорит, барит; бывают битумы. В зоне коры выветривания киноварь переходит в монтроидит HgO , в присутствии хлора — в хлорокись — терлингуаит Hg_2ClO и эглестонит Hg_4Cl_2O или в каломель Hg_2Cl_2 . Идущие при этом реакции можно представить так:



Промежуточным звеном при окислении ртути является самородная ртуть.

Прим. — главная ртутная руда.

Гл. м. — ртутное месторождение Никитовка (Донбасс, Сталинская обл.) — эпитегрмальные отложения киновари с пиритом, стибнитом, арсенопиритом в трещинах среди песчаников; Чаувай и Хайдаркан (см. табл. VI, фиг. 2), Караелчи (Туркменистан). Среди зарубежных месторождений того же типа следует отметить: Альмаден в Испании (крупнейшее), Идрия и Монте-Амиата в Италии, Нью-Идрия и Нью-Альмаден в Калифорнии, Терлингуа в Тексасе, Стимбот Спринг в Неваде, Гуанкавелика в Перу (крупное месторождение).

Э. н. м. — от греч. циннобари и киннобари — красная краска — кровь дракона. Метациннабарит — от греч. слова мета — переход из одного состояния в другое и циннобарь.

141. Каломель

$HgCl$ или Hg_2Cl_2

Роговая ртутная руда

Х. с. — Hg — 85,0%; Cl — 15,0%.

К. с. — тетрагональная; кристаллы обычно очень мелкие (в виде налета на других минералах).

Цв. — белый, серый, пестрый, коричневато-желтоватый, синевато-серый.

- Тв. — 2.
 Уд. в. — 6,48.
 Исп. — при прокаливании получается возгон ртути, от действия аммиака образуется смесь амидохлорида ртути ($\text{HgCl} \cdot \text{NH}_2$) с металлической ртутью — черная краска, откуда и получил свое название минерал: по-греч. калон мелас — красивый черный цвет.
- Ген. — иногда — продукт возгонов или горячих вод. Как вторичный минерал — в зоне выветривания ртутных месторождений в сухих районах с большим развитием соленых богатых хлористым натрием вод.
- Гл. м. — Караелчи в Туркмении, Альмаден в Испании, Терлингва в Тексасе, и других местах.

МИНЕРАЛЫ СУРЬМЫ

Сурьма (Sb) — элемент пятой группы — обычно бывает трех- и пентавалентный.

Атомный вес 121,76; порядковый номер 51; изотопы 121 и 123. Радиус атома 1,61 Å, радиус иона 0,90 Å и 2,45 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-5}$. Уд. вес 6,67, точка плавления 630,5°.

Соединения сурьмы были известны в древней Руси и во многих других странах как косметическое средство.

В XV в. Василий Валентин получил металлическую сурьму. В воде галоидные соединения сурьмы подвергаются гидролизу, образуя труднорастворимые основные соли; гидрат, сульфат, фосфат и арсенат нерастворимы.

Все соединения сурьмы растворимы в соляной кислоте.

С кислородом сурьма образует Sb_2O_3 и Sb_2O_5 ; с серой — аналогичные соединения Sb_2S_3 и Sb_2S_5 .

Необходимо отметить еще немногие, но весьма характерные соединения сурьмы — антимониды, в которых ярко выступает металлоидный характер этого элемента, сближающий его с мышьяком и серой. Эти соединения строятся по типу сульфидов и арсенидов, например дискразит (сурьмянистое серебро, Ag_3Sb), палладинит Pd_3Sb , брейтгауптит NiSb и т. п.

Металлическая сурьма применяется главным образом в сплавах (типографский сплав со свинцом), в химических препаратах и в медицине.

Всего насчитывают около 80 минералов сурьмы, из них: самородных 3, сернистых соединений 53, оксихлорид 1, окислов 5, фосфатов, ниобатов и антимонатов 18.

Главная масса сурьмы концентрируется в сурьмяном блеске (Sb_2S_3) и в продуктах его разложения.

Ниже приводим список сурьмяных минералов:

- Самородная сурьма Sb
- Дискразит Ag_3Sb
- Аллемонтит SbAs_3
- Стибиопалладинит Pd_3Sb

Антимонит Sb_2S_3
 Полибазит $8(AgCu)_2S \cdot Sb_2S_3$
 Стефанит $5Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 Геокронит $5PbS \cdot Sb_2S_3$
 Тетраэдрит $3Cu_2S \cdot Sb_2S_3 \cdot 4Cu_2S \cdot Sb_2S_3$
 Пираргирит $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 Пиростильпнит $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 Бурнонит $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Sb_2S_3$
 Буланжерит $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$
 Фрейслебенит $5(Ag_2, Pb)S \cdot 2Sb_2S_3$
 Джемсонит $2PbS \cdot Sb_2S_3$
 Плагионит $5PbS \cdot 4Sb_2S_3$
 Цинкениит $PbS \cdot Sb_2S_3$
 Миаргирит $Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
 Бертьерит $FeS \cdot Sb_2S_3$
 Фаматинит $3Cu_2S \cdot Sb_2S_5$
 Кермезит Sb_2S_2O или $2Sb_2S_3Sb_2O_3$
 Сенармонит Sb_2O_3
 Валентинит Sb_2O_3
 Сервантит $Sb_2O_3 \cdot Sb_2O_5$
 Стибиконит $H_2Sb_2O_5$

Из них рассмотрим: антимонит, бертьерит, джемсонит, цинкениит, бурнонит, кермезит, валентинит и сенармонит.

142. Антимонит

Sb_2S_3

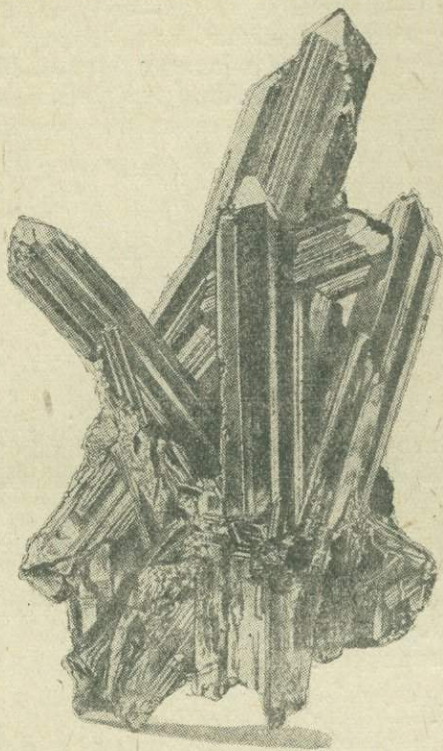
Стибнит, сурьмяный блеск

- Х. с. — сульфид сурьмы; Sb — 71,4%; S — 28,6%; присутствует иногда золото и серебро.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — призматические кристаллы с вертикальными бороздками. Кристаллы иногда бывают чрезвычайно тонки, изогнуты, скручены; их друзы представляют перистые, лучистые образования. Длина кристаллов иногда достигает 1 м (фиг. 120).
 Сп. — совершенная, параллельно клинопинакноиду; в силу этого пирамидальные вершины граней часто обламываются, в особенности у тонких кристаллов.
 Цв. — стально- или свинцово-серый, цвет черты черный; выветрившиеся разности — более темны и лишены блеска.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 2, хрупкий.
 Уд. в. — 4,5—4,6.
 Исп. — плавится в пламени свечи, при прокаливании дает характерный обильный белый налет Sb_2O_3 ; налет легко перегоняется; образует серную печень, окрашивая пламя в зеленовато-голубой цвет.
 Ген. — образуется в верхних частях эпитермальных жил в парагенезисе с киноварью, сульфидами мышьяка; может образоваться также при разложении сульфосолей. В коре выветривания переходит в валентинит Sb_2O_3 (ромбический) и сенармонит Sb_2O_3 (ку-

бический), кермезит $2\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3$, стибиконит $\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$ и сервантит $\text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5$.

Прим. — главная сурьмяная руда.

Гл. м. — Арамашевское месторождение (Свердловская обл.) — кварцевые жилы в глинистых сланцах: антимонит, серный и мышьяковый колчедан. Аятское месторождение (Свердловская обл.) — ассоциация сурьмяных, мышьяковистых, ртутных минералов в изме-



Фиг. 120. Антимонит.

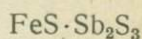
ненных альбитофирах; Грузинская ССР — Рача — кварцевые жилы; г. Элиг в районе Казбека. Тургайское месторождение в Центральном Казахстане; Раздольнинское месторождение в Красноярском крае; Амурская обл. (Богучан — во флюоритовых рудных жилах); Киргизская АССР (Кадам-джай и Чаувай — рудные выделения в кремнистой брекчии, см. табл. VII, фиг. 2 на стр. 307).

Наибольшее количество сурьмы добывается в Китае и во Франции. В провинции Хунань, в местности Си-Гуань-Шань находится крупнейшее месторождение антимонита, приуроченное к кварцевой брекчии среди сильно дислоцированных палеозойских пород.

Наибольшей славой пользовались раньше японские месторождения на о. Шикоку, где были найдены необычайные по совершенству форм кристаллы антимонита до 1 м длиной. Большие месторождения сурьмы находятся во Франции — в кварцевых жильных полях, встречающихся от Бретани до Корсики.

Э. н. м. — антимонит — от антимониум — сурьма, стибнит — от стибии или стимми — греч. — краска для ресниц, сурьма — иранское слово — краска для ресниц, старое арабское название для этого минерала — алкогол — краска для ресниц и бровей. Местное горское население Средней Азии и Кавказа часто называет сурьмой все марающие черные минералы.

143. Бертьерит



К. с. — ромбическая.

О. ф. — напоминает антимонит; зернистые, волокнистые массы.

Цв. — темностально-серый.

Бл. — металлический.

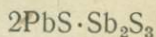
Тв. — 2—3.

Уд. в. — 4.

Ген. — мезо- и эпитеpmальные жилы; частое срастание с антимонитом, за который нередко и принимается.

Э. н. м. — в честь Бертье, впервые описавшего этот минерал.

144. Джемсонит



К. с. — моноклинная.

О. ф. — игольчатые, лучистые и плотные скопления.

Цв. — стально-серый.

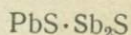
Бл. — металлический.

Тв. — 2—3.

Уд. в. — 5,5—6.

Ген. — мезо- и эпитеpmальные жилы, с антимонитом, галенитом и другими сульфидами.

145. Цинкениит



К. с. — ромбическая.

О. ф. — редко в призматических штриховатых кристаллах; столбчатый, волокнистый, сплошной, похож на антимонит.

Цв. — стально-серый.

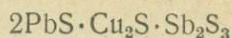
Бл. — металлический.

Тв. — 3—3,5.

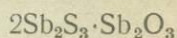
Уд. в. — 5,12—5,35.

Ген. — мезо- и эпитеpmальные жилы с другими сульфосолями.

Э. н. м. — в честь Цинкена — директора рудника, где был найден минерал.

146. Бурнонит

- Х. с. — черная сурьмяная руда; Sb—24,7; Pb—42,5; Cu—13,0; S—19,8.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — кристаллы тетрагонального габитуса, столбчатые, табличатые; часто повторные двойники, крестообразные сростки. Зернистые и плотные массы.
 Цв. — стально-серый до железо-черного.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 2,5—3.
 Уд. в. — 5,7—5,9.
 Ген. — мезотермальные жилы, контакты. Наиболее распространенный минерал из сульфосолей.
 Гл. м. — Карабашское месторождение (метасаматического типа) в Свердловской обл. — с пиритом, халькопиритом, блеклыми рудами, баритом и др.
 Э. н. м. — в честь минералога Бурнона.

147. Кермесит

Пиростибнит, красная сурьмяная руда

- Х. с. — Sb—74,97%; S—20,04%; O—5,0%.
 К. с. — моноклинная.
 О. ф. — сплошной или лучисто-жилковатый, часто псевдоморфозы по антимониту.
 Цв. — красный.
 Бл. — алмазный.
 Тв. — 1—1,5.
 Уд. в. — 4,5—4,6.
 Исп. — реакция на сурьму и серу, в КОН растворяется.
 Ген. — вторичный минерал в зоне окисления антимонита.
 Гл. м. — Кадам-джай и Чаувай в Киргизии.
 Э. н. м. — кермес — красный (кермес — кошениль).

148. Валентинит

Ромбическая модификация.

149. Сенармонтит

- Х. с. — полиморфные разновидности трехоксида сурьмы.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — часто образуют псевдоморфозы по другим сурьмяным минералам.
 Цв. — белый, светлосерый и желтоватый.
 Бл. — тусклый и перламутровый.
 Тв. — сенармонтита 2—2,5; валентинита 2,5—3.
 Уд. в. — сенармонтита 5,3—5,50; валентинита 5—7.
 Исп. — легко плавится, реакция на сурьму — густой белый налет; в HCl растворим.
 Сенармонтит изотропный. $N = 2,087$.

Валентинит — 2V очень малый.

$Nm = 2,35$; $Ng - Np = 0,17$.

Ген. — в коре выветривания сурьмяных месторождений.

Гл. м. — Хайдаркан и Кадам-джай в Киргизии. За границей Константин в Алжире и Квебек (Канада).

Э. н. м. — сенармонтит — в честь Сенармона, открывшего в Алжире этот минерал; валентинит — в честь алхимика Василия Валентина.

МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА

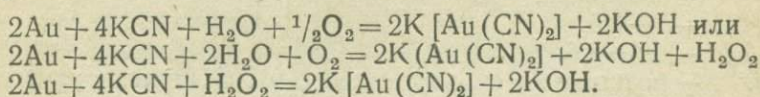
Золото (Au) — металл первой группы; бывает одновалентным или трехвалентным.

Атомный вес 197,2; порядковый номер 79.

Радиус атома 1,44 Å, радиус иона 1,37 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-6}$.
Уд. вес 18,88—19,33. Тв. 2,5. Плавится при 1063°, имеет характерный желтый цвет в отраженном свете и зеленый — в проходящем; блеск металлический.

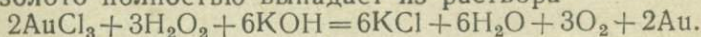
Золото известно с глубокой древности (греч. — хризос, латинск. — аурум).

Из соединений золота следует отметить закись золота — неустойчивое соединение; от действия холодной воды переходит в коллоидальный псевдораствор темносинего цвета. Монохлорид золота AuCl разлагается водой на AuCl₃ и 2Au. Более устойчивыми соединениями золота являются цианиды и цианоураты:



Хлорид золота AuCl₃ и золотохлористоводородная кислота более устойчивы. Гидролиз хлорида: $\text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2(\text{AuCl}_3\text{O})$ или $\text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} = \text{H}(\text{AuCl}_4) + \text{H}_2\text{O}$.

Золото растворяется в царской водке [3HCl + HNO₃] с образованием AuCl₃. По прибавлении перекиси водорода и едкого кали золото полностью выпадает из раствора



Сульфиды золота неустойчивы; теллуристые соединения, напротив, устойчивы.

Золото во всех странах считается драгоценным металлом и служит государственной валютой; употребляется в ювелирном деле, медицине и зубоврачебном деле, в электротехнике, фотографии, в физических приборах и химических реактивах.

Главнейшие минералы золота:

Самородное золото Au

Электрум (Au, Ag)

Кюстелит (Ag, Au)

Медистое золото (Au, Cu)

Золотая амальгама $n\text{Au} \cdot m\text{Hg}$

Палладистое золото — порпепит Au, Pd



Фиг. 1. Промывка золотоносных песков на шлюзах.
Северный Кавказ.



Фиг. 2. Глыба рудной брекчии с антимонитом и кино-
варью в кварце, цементирующем обломки известняка.
Чаувай, Киргизская ССР.

Бисмутоаурит	Au, Bi
Висмутовое золото — мальдонит	Au_2Bi
Теллуристое золото — сильванит	$(Au, Ag)Te_2$
”	калаверит $(Au, Ag)Te_2$
”	петцит $(Ag, Au)_2Fe$
”	нагиагит $n(Pb, Au) \cdot m(Te, S, Sb)$
”	креннерит $(Au, Ag)Te_2$

Алтаит содержит до 0,3% золота.

Кроме концентрации в определенных минералах, золото тонко рассеяно во многих горных породах, как изверженных, так и осадочных и метаморфических; главная же масса золота связана, как отмечено выше, с кислыми изверженными породами типа гранита.

150. Самородное золото

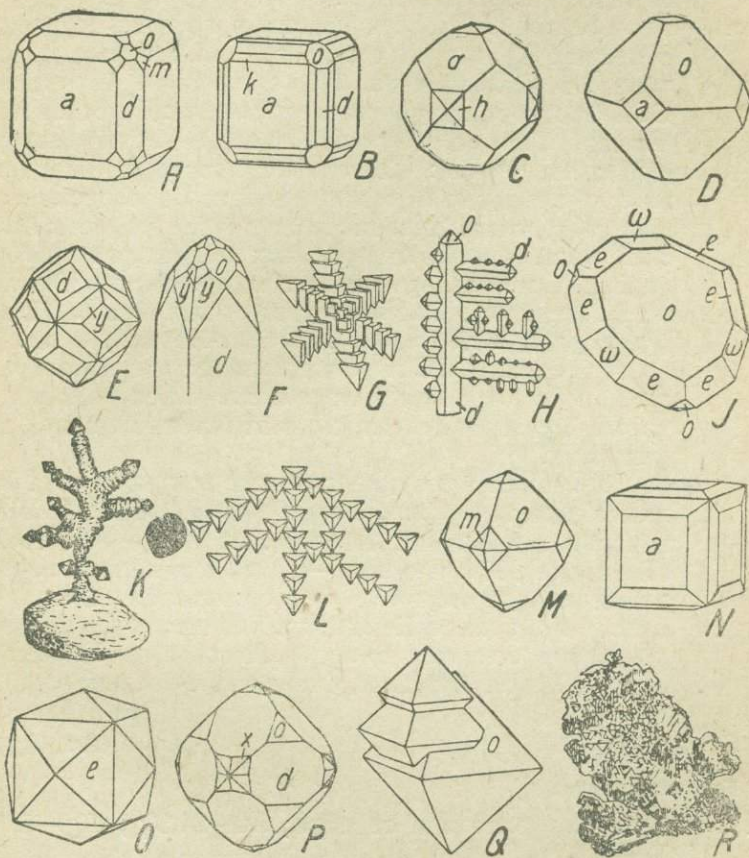
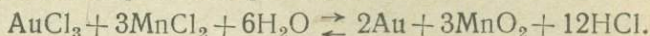
Au

151. Электрум

(Au, Ag)

- Х. с. — твердый раствор золота и серебра.
 К. с. — кубическая (фиг. 121, O, P, Q, R).
 О. ф. — кристаллы — кубы, октаэдры и ромбические додекаэдры — редки; обычно находится в зернах, пластинках, чешуйках.
 С. п. — нет.
 Изл. — крючковатый; ковкое, легко режется ножом, плющится в очень тонкие листки.
 Цв. — желто-золотой, у серебристых разностей цвет более светлый; в проходящем свете тонкие листочки золота кажутся зелеными. Цвет черты — желто-золотой, не тускнеющий от действия азотной кислоты.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 2,5.
 Уд. в. — 15—19.
 Исп. — ковкое, желтого цвета, режется ножом, не растворимо в соляной, серной, плавиковой и азотной кислотах; не растворимо в едких щелочах. Растворимо лишь в царской водке с образованием $AuCl_3$ и в цианистом калии в присутствии воздуха: $4Au + 8KCN + O_2 + 2H_2O = 4KAu(CN)_2 + 4KOH$.
 Ген. — первичное золото связано с изверженными породами, преимущественно кислыми, но оно может встречаться и в основных породах. Концентрируется золото в гидротермальных жилах — в связи с сернистыми и мышьяковистыми соединениями. В жильном теле обычно бывает кварц, но иногда также барит, флюорит или кальцит; среди жильных минералов — пирит, арсенопирит, молибденит, медный колчедан, айкинит, галенит, висмутовый блеск, крокоит, пироморфит, пиролюзит, родонит, родохрозит, железный блеск, теллуристое золото — сильванит и другие минералы теллура.

В поверхностной зоне происходит миграция золота и обогащение им некоторых участков месторождения. Реакции типа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} + \text{MnO}_2$ дают выделение хлора, который растворяет золото с образованием AuCl_3 . Перейдя в раствор, золото вновь выпадает из него, как можно видеть из следующей обратимой реакции:



Фиг. 121. Кристаллические формы меди (А—И), серебра (К—N), золота (О—R).

a (100), d (110), o (111), h (410), k (520), e (210), m (311), x (18 · 10 · 4), y (18 · 10 · 5). Месторождения: А, С — Верхнее озеро, Е — Н, В — Богословск, J — Корнуолл, К — Конгсберг, L — Потози, O — Свердловск, P — Березовск, Q — Сысерть, R — Зибенбурген.

Благодаря большой стойкости и высокому удельному весу золото в изобилии скапливается в россыпях (см. табл. VII, фиг. 1).

При тщательных химических исследованиях золото в очень рассеянном виде находят всюду. В морской

воде, по Ливерсиджу, его количество определяется $0,000006\%$.

Россыпное золото, переходя в коллоидальную фазу перемещается в пределах россыпей, часто при воздействии органических веществ и сульфата железа. В результате этих (частью не вполне уясненных) процессов в россыпях могут появляться порою очень крупные самородки золота, каких не бывает в первичных месторождениях.

Гл. м. — месторождения золота известны во всех странах, но в старых культурных странах оно все уже выработано, за исключением Трансильвании. В пределах СССР месторождения многочисленны: Якутская АССР (Алдан, Олекма, Витим, Колыма) — обширные россыпи; на Урале: Кочкарская система кварцевых жил с мышьяковым колчеданом; Березовские рудники, Миасский, Невьянский и другие районы; Алтайский край — в гипотермальных медных и полиметаллических месторождениях; того же типа в Казахстане — „Степняк“. Имеются месторождения на Памире (Ранкуль), в Киргизии (Кумбель-Нарын), и др.

В пределах СССР открываются все новые и новые месторождения золота даже в тех районах, которые прежде считались в этом отношении безнадежными.

За границей крупнейшие скопления золота находятся в метаморфизованных конгломератах Витватерсранда в Южной Африке, жильные — на Аляске (Тредвелл); Калифорния — грандиозные золото-кварцевые мезотермальные месторождения (Сиерра-Невада и др.); жила Комсток в Неваде; крупные месторождения имеются также в Австралии, Индии, Канаде, Южной Америке, Мексике, Родезии.

152. Сильванит

(Au, Ag)Te₂

Письменная руда

- Х. с. — теллурид золота и серебра; Au—24,5⁰/₀; Ag—13,4⁰/₀; Te—62,1⁰/₀.
К. с. — моноклиная.
О. ф. — дендритовидные формы, напоминающие письма.
Цв. — стально-серый, темноватый или желтоватый.
Бл. — металлический.
Тв. — 1,5—2.
Уд. в. — 7,9—8,3.
Исп. — реакция на золото и теллур.
Ген. — в эпитепмальных месторождениях совместно с другими теллуридами и самородным золотом. В россыпях переходит в самородное золото.
Прим. — руда на золото и теллур.

- Гл. м. — Нагиаг в Румынии (б. Венгрия), США (Колорадо, Калифорния). В СССР этот минерал встречен в Ключевском месторождении (ДВК).
 Э. н. м. — по Трансильвании (где был открыт). Сильваниум — одно из первоначальных названий теллура.

153. Креннерит (Au, Ag)Te₂

Состав аналогичен сильваниту. Кристаллизуется в ромбической сингонии; по цвету в сплошных массах походит на пирит или на леллингит (FeAs₂).

154. Нагиагит *n*(Pb, Au) · *m*(Te, S, Sb)

Листоватая руда, черный теллур

Х. с. — теллурид золота и свинца; Au—5—13⁰/₀; Ag—0,2⁰/₀; Te—13—33⁰/₀; Pb—50—64⁰/₀; S—3—13⁰/₀; Sb—0—8⁰/₀; примеси Cu, Se; минерал с не вполне определенным химическим составом.

О. ф. — листоватый, табличатый.

Цв. — свинцово-черный.

Бл. — металлический.

О. с. — гибкие пластинки; иногда напоминает железную слюду, но значительно мягче ее.

Тв. — 1—2.

Уд. в. — 6,7—7,2.

Исп. — реакция на золото, теллур и серу.

Ген. — нижняя часть эпитермальных месторождений с другими теллуридами. В россыпях переходит в золото.

Прим. — руда на золото и теллур.

Гл. м. — Алтай, Манка. Трансильвания — Нагиаг и др., США — Крипль-Крик; Австралия и др.

Э. н. м. — по местности в Трансильвании.

МИНЕРАЛЫ ТЕЛЛУРА

Теллур (Te) — двух-четырёх- и шестивалентный элемент шестой группы, аналог селена и серы. Атомный вес 127,61; порядковый номер 52, изотопы 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130.

Радиус атома 1,33 Å, радиус аниона 2,11 и четырехвалентного катиона 0,89 Å, шестивалентного — 0,56 Å. Кларк 1 · 10⁻⁶. Удельный вес 6,25; температура плавления 453°.

Теллур открыт Клапротом в 1782 г. в золотых рудах Венгрии. Теллур образует соединения с кислородом TeO₂ и TeO₃ эти окислы дают слабую теллуристую кислоту H₂TeO₃ и орто-теллуруровую H₆TeO₆, их соли называются теллуридами и теллурами.

Теллур соединяется с водородом H₂Te; производные этого соединения называются теллуридами.

Для определения теллура в минералах последние или сплавляются, как обычно, с перекисью натрия, или разлагаются кислотами. При нагревании теллуристых соединений с серной

кислотой $\text{Te} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{TeSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ раствор становится красным, по разбавлении водой из него выпадает черный осадок аморфного теллура (в кристаллическом чистом виде теллур серебристо-белого цвета).

Теллуриды тяжелых металлов M_2Te не растворимы в воде и окрашены в темный цвет; теллуриды щелочных металлов растворимы и бесцветны, при доступе воздуха они краснеют, превращаясь в полителлуриды.

Промышленное применение теллура ограничено его небольшой добычей — около тонны в год. Он применяется (как краситель) в стекольной и керамической промышленности, в фотографии, при обработке серебра — оксидировании; соли его употребляются в радиотехнике в качестве детектора, в изготовлении антисептических средств как микробиологический реактив (бактерии вызывают выделение из раствора черного элементарного теллура).

Главная масса теллура концентрируется, вместе с золотом, в эпитермальных месторождениях. Кроме золота, теллур дает минералы с платиной, серебром и свинцом. Геохимическая роль теллура пока мало изучена; несомненно, что он способствует выносу золота в верхние зоны.

Теллур добывается попутно при извлечении золота из теллуристых соединений.

Главнейшие минералы теллура:

Самородный теллур Te
 Селенистый теллур (Te, Se)
 Петцит $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$
 Сильванит $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$
 Креннерит $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$
 Мутманнит $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$
 Гольдшмидтит $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_5$
 Калаверит $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$
 Нагнагит $n(\text{Pb}, \text{Au}) \cdot m(\text{Te}, \text{S}, \text{Sb})$
 Ниглиит PtTe_3
 Гессит Ag_2Te
 Штютцит Ag_4Te
 Риккардит Cu_4Te_3
 Вейсит Cu_5Te_3
 Алтаит PbTe
 Колорадоит HgTe
 Мелонит Ni_2Te_3
 Тетрадимит $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$
 Теллуровисмутит Bi_2Te_3
 Теллурит TeO_2
 Эммонсит $\text{TeO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Теллуриды золота рассматриваются в минералах золота. Здесь рассмотрим самородный теллур, алтаит, гессит, тетрадимит и теллурит.

155. Самородный теллур

Te

Х. с. — гексагональная — тригональная.

О. ф. — шестоватые агрегаты, корочки, тонкоземлистые, плотные массы; редко мелкие призматические кристаллы.

- Сп. — совершенная.
 Цв. — оловянно- и серебристо-белый, темновато-серебряный; аморфен.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 2—2,5.
 Уд. в. — 6,1—6,3.
 Исп. — легко плавится, сгорает зеленоватым пламенем; на угле дает белый налет с красным окаймлением. При умеренном нагревании в H_2SO_4 окрашивает раствор в красный цвет.
 Ген. — выпадает в термальных апомагматических жилах с кварцем, баритом, золотом, серебром и др.; так же как вторичный минерал при выветривании теллуристого золота.
 Гл. м. — Красный ключ—Восточносибирский край, США (Колорадо), Румыния (Залатна).

156. Алтаит

PbTe

- Х. с. — теллуристый свинец; Te—38,48%; Pb—61,52%.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — кубические или октаэдрические кристаллы (редко); обычно сплошные массы.
 Сп. — по кубу.
 Цв. — оловянно-белый; некоторые разности (Заводинского месторождения) по цвету напоминают свежий разлом блеклой руды.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 3.
 Уд. в. — 8,16.
 Исп. — перед паяльной трубкой сплавляется в шарик; окрашивает пламя в голубой цвет, дает налет; растворим в HNO_3 ; раствор дает осадок при прибавлении H_2SO_4 ; реакция на теллур.
 Ген. — в верхней части мезотермальных свинцово-серебряных и цинковых жил.
 Гл. м. — Заводинский свинцово-цинковый рудник (Алтайский край) — в кварцевой жиле среди ортофиоров и кварцпорфиоров, с галенитом, сфалеритом, гесситом (Ag_2Te), золотом и др. США (Калифорния, Северная Каролина и др.).
 Э. н. м. — по местности Алтай.

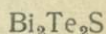
157. Гессит

Ag_2Te

- Х. с. — теллуристое серебро; Te — 36,73%; Ag — 63,27%; всегда бывают примеси золота.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — кубы, часто шестоватые сростки, тонкозернистый, плотный.
 Цв. — стально-серый, свинцово-серый; некоторые разности по цвету похожи на самородное серебро.

- Бл. — металлический.
 Тв. — 2,5—3.
 Уд. в. — 8,3—9,0.
 Исп. — перед паяльной трубкой сплавляется в черный королек, дает налет и окрашивает пламя, как и алтаит. В HNO_3 растворяется, из раствора HCl осаждает AgCl . Реакция на теллур.
 Ген. — мезотермальные жилы.
 Гл. м. — Заводинский рудник на Алтае (см. алтаит); в Румынии — Нагиаг, Ботес; США (Колорадо, Сан-Хуан — с золотом).
 Э. н. м. — в честь Гесса, русского минералога.

158. Тетрадимит



- Х. с. — сульфотеллурид висмута; Te — 35,80%; Bi — 59,44%; S — 4,44%.
 К. с. — гексагональная — тригональная.
 О. ф. — табличатые или ромбоэдрические плохо образованные кристаллы; обычно тройники сростания, зернистые, листоватые выделения в породе.
 Сп. — совершенная.
 Цв. — стально-серый, иногда темноватый.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 1,5.
 Уд. в. — 7,24—7,54.
 Исп. — легко плавится, на угле с KJ и S дает красный налет; с содой выплавляется королек висмута; растворяется в HNO_3 ; с серной кислотой дает реакцию на Te .
 Ген. — контакты и гидротермальные, чаще всего кварцевые, золотоносные жилы.
 Гл. м. — Урал — Шилово-Исетское месторождение и Турьинские контактовые месторождения сульфидов (Свердловская обл.); Красноярский край (Хакасия) медно-золотые кварцевые жилы рудника Знаменитого близ контакта гранита с эпидотизированным порфиритом. Халькопирит, борнит, блеклые руды. Также Кузнецовская группа, рудник Коммунар и др.
 Э. н. м. — от греч. тетрадимос — делящийся на три — из-за тройников сростаний.

159. Теллурит



- Х. с. — Te — 79,6%; O — 20,4%.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — гибкие призматические кристаллы, землистые образования.
 Сп. — совершенная.
 Цв. — белый или желтоватый.
 Бл. — алмазовидный или тусклый.
 Тв. — 2.

Уд. в. — 5,9.

Исп. — плавится с трудом, дает налет.

Ген. — продукт поверхностного окисления теллуровых минералов или самородного теллура.

Гл. м. — Румыния — Нагиаг и др. В СССР — Алтай, Заводинский рудник. Теллуровые минералы у нас в Союзе недостаточно изучены; нахождение их в разных местах Союза весьма вероятно.

МИНЕРАЛЫ СЕРЕБРА

Серебро (Ag) — одновалентный металл первой группы. Атомный вес 107,88; порядковый номер 47. Имеются два изотопа: 107 и 109.

Радиус атома 1,44 Å, радиус иона 1,13 Å. Кларк $1 \cdot 10^{-5}$. Кристаллизуется в кубической сингонии.

Удельный вес 10,25—10,60; тв. 2,5—3. Плавится при 960,5°, обладает характерным металлическим серебристо-белым цветом. Серебро было известно в глубокой древности (греч. аргирос, лат. — аргентум).

Известны следующие соединения серебра: амальгама, окись серебра Ag_2O ; последняя очень неустойчива и разлагается при высокой температуре (250°), на свету разложение идет при обыкновенной температуре. Галлоидные соли серебра $AgCl$, $AgBr$, AgI трудно растворимы в воде и кислотах; AgF , напротив, легко растворяется в воде. Хлорид серебра растворяется легко в растворе поваренной соли. Хлориды, бромиды и иодиды серебра разлагаются на свету, на чем основано их применение в фотографии. Нитрат серебра $AgNO_3$ (ляпис) легко растворим в воде.

Многие органические соединения — бумага, виноградный сахар, винная кислота и др. восстанавливают серебро из нитрата; с другой стороны, нитрат серебра коагулирует белки. Сульфат серебра трудно растворим в воде, но легко растворяется в слабой H_2SO_4 . Карбонат серебра Ag_2CO_3 трудно растворим в воде, но легко растворяется в карбонатах щелочных металлов. При умеренном нагревании карбонат серебра легко диссоциирует. Цианид и роданид серебра $AgCN$ и $AgCNS$ в воде трудно растворимы. Фосфат серебра Ag_3PO_4 трудно растворим в воде, но легко в разведенных кислотах. Это соединение разлагается на свету. Сернистое серебро Ag_2S или сульфобазы серебра трудно растворима в воде.

При анализе серебра необходимо помнить, что при прокаливании металлическое серебро легко разбрызгивается, отчего бывают большие потери.

Серебро обычно определяют в виде хлористого серебра.

Серебро применяется в ювелирном деле, для изготовления предметов домашнего обихода, физических и химических приборов, в электротехнике, в медицине, фотографии, при

изготовлении зеркал, в военном деле, для чеканки разменной монеты и др.

Главные месторождения серебра приурочены к верхней части мезотермальных жил и к продуктам их окисления. В зависимости от цен, промышленным содержанием считается около 1 кг серебра на тонну руды.

Серебряные минералы следующие:

Самородное серебро Ag
Амальгама (Ag, Hg)
Дискразит Ag_3Sb
Чилинит Ag_6Bi
Гессит Ag_2Te
Петцит $(Ag, Au)_2Te$
Сильванит $(Au, Ag)Te_2$
Креннерит $(Au, Ag)Te_2$
Науманнит $(Ag_2, Pb)Se$
Аргентит и акантит Ag_2S
Миаргирит $Ag_3S \cdot Sb_2S_3$
Пираргирит $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
Прустит $3Ag_2S \cdot As_2S_3$
Стефанит $5Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
Полибазит $9Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
Пирсеит $9Ag_2S \cdot As_2S_3$
Полиаргирит $12Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
Аргиродит $4Ag_2S \cdot GeS_2$
Канфильдит $4Ag_2S \cdot SnS_2$
Кераргирит AgCl
Эмболит Ag (Br, Cl)
Бромирит AgBr
Иодобромит $2AgCl \cdot 2AgBr \cdot AgJ$
Майерсит $4AgJ \cdot CuJ$
Иодирит AgJ
Аргентоярозит $Ag_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2Fe_2(OH)_6$

Из перечисленных серебряных минералов опишем самородное серебро, аргентит, пираргирит, прустит, стефанит, полибазит и кераргирит.

В мезотермальных полиметаллических жилах, в парагенезисе со свинцовыми, цинковыми, медными и кобальтовыми минералами образуются сульфобазы и сульфосоли серебра; в коре выветривания они переходят в галоидные соединения, аргентоярозит и во вторичные сульфиды серебра. Промежуточной фазой между первым и вторым типом серебряных минералов является самородное серебро.

160. Самородное серебро

Ag

Х. с. — Ag — около 100%, небольшие примеси золота, иногда платины, меди, сурьмы, висмута, ртути.

К. с. — кубическая (см. фиг. 121, K, L, M, N).

О. ф. — обычно дендритовые, волосистые или проволочные сростки, чешуйки, также зернистые и сплошные скопления.

Сп. — незаметна; занозистый излом; ковкое.

Цв. и бл. — белый с металлическим блеском на свежем изломе;

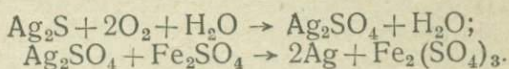
обычно поверхность бывает несколько матовая, серовато-белая.

Тв. — 2,5—3.

Уд. в. — 10,1—11,1.

Исп. — плавится перед паяльной трубкой, образуя подвижный королек; при сильном дутье на нем образуется красноватая пленка окиси серебра; королек разбрызгивается. Растворяется в HNO_3 , из раствора HCl осаждает творожистый белый осадок AgCl .

Ген. — в большинстве случаев образуется в зоне окисления сульфидных руд по следующей примерной схеме:



Fe_2SO_4 получается при окислении колчедана. Самородное серебро образуется также в осадочных породах (песчаниках), в восстановительной среде, в большинстве случаев при участии нефтяных вод. Обычно оно переходит во вторичную серебряную чернь Ag_2S или в кераргирит AgCl . Парагенезис серебра обычно таков: самородное серебро, аргентит, пираргирит, англезит, церуссит и галенит, также сульфосоли — миаргирит, прустит, полибазит. Минералы жильного тела — кварц, кальцит, иногда — вторичный гипс.

Гл. м. — Алтайский край — как вторичный минерал в полиметаллических рудных жилах Зырянковского, Заводинского, Змеиногорского, Черепановского рудников. Того же типа месторождения в Казахстане (Джезказган, Теректы); в Таджикистане (Кансай, Кан-и-мансур и др.); в Читинской обл. (Нерчинский район); в Сталинской обл. (Нагольный кряж), Северо-Осетинской АССР (Садонский рудник) и в других местах. За границей наиболее известны месторождения Конгсберг (Норвегия); Кобальт-сити, Онтарио (Канада); Верхнее озеро (США) — в цеолитовой породе с медью; Комстокская жила (Невада), Бьют (Монтана) и др. В Мексике имеется ряд богатейших серебряных рудников в провинциях Чихуахуа, Дюранго, Гуанхуато, Сан Луи Потози, Сонора и др.

161. Аргентит (акантит)

Ag_2S

Серебряный блеск

Х. с. — сульфобазы серебра; Ag —87,1%; S —12,9%.

К. с. — кубическая (параморфоза по акантиту).

О. ф. — наиболее часто встречаются кубы, октаэдры и ромбические додекаэдры. Кристаллы обычно неправиль-

ны, изогнуты, искривлены, также — в виде вкрапленных зерен тонкозернистых и плотных масс.

- Сп. — неясная.
Цв. — черновато-свинцовый.
Бл. — слабо металлический.
О. с. — легко режется ножом, ковкий.
Тв. — 2—2,5.
Уд. в. — 7,2—7,4.
Исп. — перед паяльной трубкой плавится с выделением королька серебра. В HNO_3 растворяется с выделением серы.
Микр. — полированная поверхность слегка буреет от HNO_3 и KCN ; от HCl — заметное побурение; к краям пятно краснее, чем в центре.
Разн. — Ag_2S — вещество полиморфное: выше 180° образуется кубический аргентит; ниже 180° устойчивы ромбическая разность, акантит. Таким образом, обычный аргентит представлен в большинстве случаев параморфозами акантита по аргентиту. Имеется, кроме того, аморфная разность — серебряная чернь.
Ген. — важнейшие первичные соединения серебра образуются в верхах мезотермальных жил и контактно-метасоматических зонах в парагенезисе со свинцовым блеском и серебряными сульфосолями, реже — в гипотермальной $\text{Ag} - \text{Pb} - \text{Zn}$ формации с турмалином или гранатом.

Образует также как вторичный минерал при разложении сульфосолей:

- 1) $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 + 4\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{Ag}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$;
- 3) $\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{ZnS} = \text{Ag}_2\text{S} + \text{ZnSO}_4$;
- 4) $\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{PbS} = \text{Ag}_2\text{S} + \text{PbSO}_4$.

Серебряные сульфосоли в верхних частях жил при действии кислорода и воды дают сульфат серебра; последний легко растворяется в воде и мигрирует вниз по рудной жиле, где и вступает в указанные выше обменные реакции.

При первичном образовании аргентит выкристаллизовывается совместно с галенитом. Обычно, несмотря на то, что свинцовый блеск кристаллизуется в том же классе, что и аргентит, последний не вступает с ним в изоморфную смесь, так как параметры кубической решетки названных минералов разные.

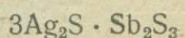
Парагенетические минералы: галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, серебряные сульфосоли, кварц, кальцит.

- Изм. — серебряный блеск переходит в сульфат Ag_2SO_4 ; последний, как сказано, может дать вторичную Ag_2S — серебряную чернь, кераргирит AgCl , эмболит и дру-

гие галоиды серебра. Как промежуточное звено в этих реакциях образуется самородное серебро.

- Прим. — Ag_2S является главной рудой на серебро.
Гл. м. — Алтайский край — мезотермальные полиметаллические жилы (Черепановский, Заводинский, Зыряновский и другие рудники). Читинская обл. (Нерчинский район) — обширная область развития очень своеобразных жильных и метасоматических серебро-свинцовых и цинковых месторождений мезо- и эпitherмального типа с пиритом, арсенопиритом, галенитом, аргентитом, сфалеритом, буланжеритом; иногда присутствуют турмалин, шеелит (CaWO_4) и др. Среди многочисленных рудников — Петропавловский, Даурский и Лургиканский и др. В Средней Азии — Карамазарский горный район (Тадж. ССР).
Э. н. м. — аргентит — от лат. слова аргентум — серебро. Акантит — от греч. — аканта — игла, по форме кристаллов.

162. Пираргирит



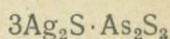
Темная красная серебряная руда

- Х. с. — сурьмяная ортосульфосоли серебра; Ag —59,97%; Sb —22,21%; S —17,32%.
К. с. — гексагональная (ромбоэдральная).
О. ф. — гексагональная призма с ромбоэдром, часто наблюдаются разнообразные комбинации, иногда двойники. Обычно бывает сплошной, плотный.
Сп. — ясная по ромбоэдру.
Цв. — темнокрасный, переходящий в свинцово-серый и черный; черта красная.
Бл. — алмазный до металлического.
Тв. — 2—2,5.
Уд. в. — 5,75—5,85.
Исп. — растворяется в HNO_3 с выделением S и Sb_2O_3 ; на угле с содой дает серную печень, королек серебра, налет Sb_2O_3 .
Ген. — образуется в верхних частях мезотермальных жил с сульфосолями серебра, аргентитом, галенитом и др.
Изм. — переходит в другие сульфосоли и самородное серебро.
Разн. — пиростильпнит или огненная обманка, моноклинной сингонии.
Прим. — хорошая серебряная руда.
Гл. м. — Нерчинский район (Читинская обл.); Алтайский край — в полиметаллических месторождениях (Змеиногорское и др.); Свердловская обл. (Тагильский район). За границей: Мексика — Закатексас, Гуанхуата, Пахута и др. В Германии — Фрейберг,

Андреасберг; в Богемии и Венгрии; В Норвегии — Консберг, — и др.

Э. н. м. — по месту минерала, греч. пюр — огонь, аргирос — серебро.

163. Прустит



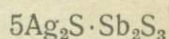
Светлая красная серебряная руда

Х. с. — мышьяковая ортосульфосоли серебра — $\text{Ag} = 65,5\%$;
 $\text{As} = 15,1\%$; $\text{S} = 19,4\%$.

К. с. — гексагональная, ромбоэдрические или скаленоэдрические кристаллы; также сплошные, плотные массы. По свойствам близок к пираргириту. (Генезис и месторождения см. пираргирит).

Э. н. м. — в честь французского химика Пруста.

164. Стефанит



Хрупкая стекловидная руда, черный серебрянный блеск

Х. с. — сурьмяная основная сульфосоли серебра; $\text{Ag} = 68,5\%$;
 $\text{Sb} = 15,2\%$; $\text{S} = 16,3\%$.

К. с. — ромбическая.

О. б. — короткопризматические или табличатые кристаллы псевдогексагонального габитуса, часто сдвойникованные, встречаются также сплошные массы.

Сп. — несовершенная, излом раковистый, неровный; хрупок.

Цв. — железо-черный, цвет черты такой же.

Бл. — на свежих изломах металлический.

Тв. — 2.

Уд. в. — 6,2—6,3.

Исп. — перед паяльной трубкой на угле дает налет сурьмы; в окислительном пламени после продолжительного дутья получается красноватая окись серебра; в восстановительном пламени с содой образуются королек серебра и серная печень. Растворим в азотной кислоте с выделением серы и трехокси сурьмы. В закрытой трубке растрескивается, плавится и дает возгон сернистой сурьмы.

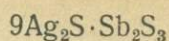
Ген. — отлагается в верхних частях мезотермальных жил совместно с другими сульфосолями серебра, аргентитом, галенитом, сфалеритом, пиритом и др. (обычно позднее их).

Изм. — переходит в другие сульфосоли серебра и в самородное серебро.

Прим. — руда на серебро.

Гл. м. — В СССР мало изучен, но, несомненно, может быть обнаружен более часто, чем известно до сих пор. Алтайский край: Риддерский рудник и др., Якутская АССР (Томмот). Германия (Фрейберг, Гарц); в Венгрии и Богемии; в США в Комстокской жиле (Невада) и в других местах.

165. Полибазит



- Х. с. — сурьмяная основная сульфосоля серебра; Ag — 75,6%; Sb—9,4%; S—15,0%.
- К. с. — ромбическая или моноклинная (P).
- О. ф. — призматические короткие кристаллы; тонкие таблички; чаще сплошные массы.
- Цв. — черный.
- Тв. — 2—2,5.
- Уд. в. — 6—6,2.
- Исп. — иногда в значительных массах в полиметаллических сереброносных месторождениях.
- Изм. — переходит в другие сульфосоли и самородное серебро.
- Прим. — серебряная руда.
- Гл. м. — Кызыл-Эспе в Казахстане — штоки метасоматических сульфидных руд в известняках. За границей — в Мексике, Чили, США (Комстокская жила, в Колорадо с баритом), Молин Джибсон и др. В Топопах (Невада) полибазит найден на глубине 500 фут. В Германии — Фрейберг и Андреасберг и в других местах.
- Э. н. м. — от греч. полис — много, базис — основание.

166. Кераргирит



Роговое серебро

- Х. с. — галоидное соединение серебра; Ag—75,3%; Cl—24,7%.
- К. с. — кубическая.
- О. ф. — редко кристаллический, в форме кубов; обычно в виде налетов, корочек и сплошных масс, напоминающих рог. Нередко псевдоморфозы.
- Цв. — сероватый, зеленоватый, голубоватый, фиолетовый, коричневый.
- Сп. — нет.
- Тв. — 1—1,5; режется ножом, ковкий.
- Уд. в. — 3,5.
- Исп. — плавится на пламени свечи, на угле дает королек серебра, дает реакцию на хлор с медью. Растворим в аммиаке и в растворе поваренной соли.
- Ген. — вторичный минерал образуется в зоне окисления серебряных руд, в присутствии соленых вод.
- Прим. — богатая руда на серебро. В старинных рудниках почти весь кераргирит выработан еще древними рудокопами.
- Гл. м. — Алтайский край — Змеиногорское, Черепановское месторождения. Новосибирская обл. — Салаирский рудник. В южном Казахстане — Теректы, Сугаты; На Урале — Баймак. В Таджикистане — Конимансур, Кансай и др.
- Э. н. м. — от греч. керас — рог, аргирос — серебро.

МИНЕРАЛЫ СЕЛЕНА

Селен (Se) — элемент шестой группы, аналог серы.

Атомный вес 79, 96, порядковый номер 34; изотопы: 74, 76, 77, 78, 80, 83.

Радиус атома $1,13\text{Å}$, радиус иона $0,35\text{Å}$ для положительного шестивалентного и $1,91\text{Å}$ для отрицательного двухвалентного. Кларк $8 \cdot 10^{-5}$.

Аморфный селен красноватого цвета, другая, кристаллическая его разновидность — черно-серая.

Удельный вес: черно-серого — 4,86 и стекловатого селена — 4,28 — 4,36. Твердость 3. Выше 50° стекловатый селен переходит в серый селен.

Серый селен плавится при 220° , при 688° кипит.

Селен открыт в 1817 г. Берцелиусом в шламме сернокислотного завода и назван в честь луны (по-греч. луна — селене).

Красный селен растворим в сероуглероде; растворимость серого селена в сероуглероде менее значительна. В темноте селен почти не проводит электричества (сера — диэлектрик), но на свету электропроводность серого селена в 1000 раз больше, чем в темноте. На основании этого селен употребляется в качестве фотоэлемента в технике, в лабораторном и военном деле; он применяется также в стекольной промышленности (для обесцвечивания стекла). Соединения селена во многом аналогичны соединениям серы.

Соли селена ядовиты.

SO_2 — газ; SeO_2 при 16° — твердое тело, представленное блестящими белыми иглами. Уд. вес 3,9. Селенистая кислота H_2SeO_3 при 15° представляет собой расплывающиеся гексагональные призмы; в сухом воздухе она теряет воду. Селенистая кислота легко восстанавливается.

Селеновая кислота H_2SeO_4 является более сильным окислителем, чем серная кислота. При смешении концентрированной селеновой и соляной кислот выделяется хлор, как из царской водки. H_2Se аналогичен сероводороду, но менее устойчив; он образует селениды, как сероводород — сульфиды.

При прокаливании селеновых минералов последние издают характерный запах редьки. Возгон селена красного цвета, при растворении его в концентрированной серной кислоте получается зеленый раствор.

Как сказано выше, селен по своим химическим свойствам близко подходит к сере. Он принадлежит к рассеянным элементам, находясь обычно в весьма дисперсном состоянии — в сернистых минералах. Практически селен получают из шламов электролитических заводов.

Самостоятельных селеновых минералов насчитывают около 20, не считая содержащий селен пирит. Последний отличается от нормального пирита слегка зеленоватым оттенком (что

наблюдается, например, на образцах селенового пирита из Карабаша — Урал).

Главнейшие селеновые минералы концентрируются в мезотермальных сульфидных жилах, в парагенезисе с пиритом, халькопиритом, сульфосолями серебра, галенитом, сфалеритом и золотом.

К селеновым минералам относятся:

Самородный селен Se
Селенистая сера Se, S
Гуанахуатит Bi_2Se_3
Клаусталит PbSe
Агвиларит Ag_2Se
Науманнит Ag_2Se
Эвкайрит $\text{Cu}_2\text{Se} \cdot \text{Ag}_2\text{Se}$
Тиманнит HgSe
Берцелианит Cu_2Se похож на халькозин
Умангит $\text{CuSe} \cdot \text{Cu}_2\text{Se}$
Лербихит — смесь клаусталита и тиманнита
Цоргит — смесь клаусталита и умангита
Виттит $5\text{PbS} \cdot 3\text{Bi}_2(\text{S}, \text{Se})_3$
Селенистый пирит $\text{Fe}(\text{S}, \text{Se})_2$
Селенойрозит $\text{K}_2(\text{S}, \text{Se})\text{O}_4 \cdot \text{Fe}_2[(\text{Se}, \text{S})\text{O}_4]_3 \cdot 2\text{Fe}_2(\text{OH})_6$

При окислении селеновые минералы переходят в селенойрозит и в соответствующие селенаты тяжелых металлов, не достаточно изученные.

167. Самородный селен

Se

К. с. — тригональная. Игольчатые кристаллы, корки, налеты.
Тв. — 2.
Уд. в. — 4,3.

Встречается в пустотах лавы Везувия в виде плотных масс, корок и налетов серого и черного цвета. В тонких осколках красный. Рудник Юнайтед Верде (Аризона).

168. Селенистая сера — волканит

Se, S

Аналогична ромбической сере, но красноватого цвета.
Уд. в. — около 2,3.

Вулканического происхождения. Острова Вулкано и Липари.

169. Клаусталит

PbSe

К. с. — кубическая.
Уд. в. — 7,6—8,8.

Встречается в Клаустале (Германия) в полиметаллических рудах со свинцовым блеском. По внешности похож на цинковую обманку.

Минералы свинца

Свинец (Pb) — металл четвертой группы, обладает валентностью +2 и +4. В своих наиболее распространенных минералах свинец обычно двухвалентен.

Атомный вес 207,21; порядковый номер 82; изотопы 206, 207, 208 (радий G 206,5; актиний D 207; торий D 207,77; радий D 210; актиний B 211; торий B 212; радий B 214).

Радиус атома 1,74 Å, радиус иона 1,32 Å; 0,84 Å для четырехвалентного. Кларк $1 \cdot 10^{-4}$.

Уд. вес 11,34, тв. — 1,5.

Плавится при 327°; цвет серовато-белый.

Свинец известен с глубокой древности (греч. молибдос, лат. плумбум).

Хлористые и серноокислые соединения свинца в воде трудно растворимы; азотнокислое — легко растворимо.

При 18° в литре воды растворяется следующее количество свинцовых солей (г):

$PbSO_4$	—	0,041
$PbCO_3$	—	0,001
$PbCl_2$	—	14,900
$Pb(NO_3)_2$	—	516,600

Карбонат свинца растворим в углекислой воде, в обычной же нерастворим. Во всех этих соединениях свинец является двухвалентным; в сурике часть свинца находится в четырехвалентном состоянии Pb_3O_4 ; свинцовый ангидрид — PbO_2 ; свинцово-калиевая соль — K_2PbO_3 .

Свинец применяется главным образом в военном и охотничьем деле, в составе типографского металла, в припоях, в баббитах, антикоррозионных сплавах для изоляции телефонных и телеграфных установок, кислотоупорной аппаратуры; как защита от лучей Рентгена и радия, как утяжелитель; соли свинца применяются в красочном деле (свинцовые белила) и в медицине.

Главнейшие свинцовые минералы концентрируются в мезотермальных жилах и в продуктах их выветривания.

Среди свинцовых минералов следует отметить:

Самородный свинец Pb
Галенит PbS
Алтаит PbTe
Клаусталит PbSe

Сульфосоли свинца

Цинкениит $PbS \cdot Sb_2S_3$
Галенобисмутит $PbS \cdot Bi_2S_3$
Джемсонит $2PbS \cdot Sb_2S_3$
Буланжерит $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$
Бурнонит $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Sb_2S_3$
Айкиннит или патринит $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Bi_2S_3$

Хлориды

Котуннит $PbCl_2$
Болеит $9PbCl_2 \cdot 8CuO \cdot 3AgCl \cdot 9H_2O$
Лаурионит $PbCl_2 \cdot Pb(OH)_2$

Окиси

Массикот PbO

Сурик (минимум) Pb_3O_4 или Pb_2PbO_4 или $2PbO \cdot PbO_2$

Платнерит PbO_2

Карбонаты

Церуссит $PbCO_3$

Гидроцеруссит $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$

Фосгенит $PbCO_3 \cdot PbCl_2$

Силикаты

Молибдофиллит $(Pb, Mg) SiO_4 \cdot H_2O$

Вольфрамат, молибдаты, фосфаты, арсенаты, сульфаты

Вульфенит $PbMoO_4$

Штольцит $PbWO_4$

Крокоит $PbCrO_4$

Пироморфит $Pb_4(PbCl) \cdot (PO_4)_3$

Миметезит $Pb_4(PbCl) \cdot (AsO_4)_3$

Ванадинит $Pb_4(PbCl) \cdot (VO_4)_3$

Англезит $PbSO_4$

Плюмбоярозит $PbSO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2Fe_2(OH)_6$

Сернистые, селенистые и теллуристые соединения являются первичными минералами свинца. В большинстве случаев они находятся в парагенезисе с цинковыми и серебряными минералами, также с кварцем, кальцитом, баритом и плавиковым шпатом.

В зоне окисления эти минералы неустойчивы, и, в зависимости от тех растворов, которые действуют на них, переходят: при действии хлоридных вод—в хлориды, углекислых—в карбонаты, сернокислых—в сульфаты; последние соединения могут образоваться и без участия сульфатных вод (см. ниже). При участии в растворах ионов кремнезема, молибденовой, вольфрамовой, хромовой, мышьяковой или ванадиевой кислот образуются соответствующие свинцовые соли. Наконец, при недостаточном окислении выделяются самородный свинец и сера или их окиси.

Ниже будут рассмотрены галенит, церуссит и англезит.

170. Галенит

PbS

Свинцовый блеск

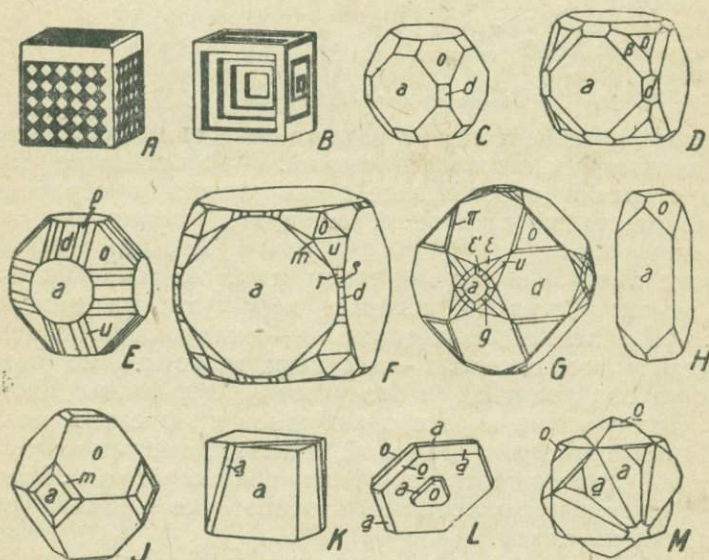
- Х. с. — сульфобазы свинца; Pb —86,4%; S —13,4%; часто с некоторым содержанием сернистого серебра; также Zn , Cd , Cu , Se и др.
- К. с. — кубическая (фиг. 122).
- О. ф. — кубы или октаэдры; наблюдаются как отдельные кристаллы, так и зернистые и плотные разности.
- Сп. — по кубу совершенная.
- Цв. — от светлого стального до свинцово-черного; черта серовато-черная.
- Бл. — металлический.
- Тв. — 2—3.

Уд. в. — 7,4—7,6.

Исп. — легко плавко; дает серную печень и королек свинца. На угле дает налет PbO и $PbCO_3$, которые ложатся по краям пробы. Растворяется в HNO_3 с выделением $PbSO_4$. В HCl растворяется легко, без нагревания, с заметным выделением сероводорода.

Опт. — полированный галенит белого цвета с гладкой поверхностью и треугольными ямочками; с HNO_3 темнеет, с $FeCl_3$ дает яркую иризацию.

Разн. — плотные разности называются свинчаком; содержащие сернистый цинк, сернистую сурьму и сернистый мышьяк — штейнманнитом; разности, содержащие серебро, относятся к серебро-свинцовым рудам.

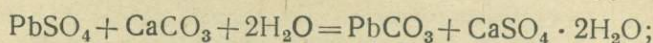


Фиг. 122. Кристаллические формы свинцового блеска (галенита).

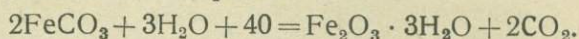
a (100), d (110), o (111); β (322), m (311), μ (411), g (811); u (554), r (774), p (221), π (772), ϵ (441), ϵ' ($10 \cdot 3 \cdot 2$), ϵ'' ($20 \cdot 3 \cdot 2$). А и В — парный и ячеистый куб (Гондербах, Вестфалия); D и I — Россия, Нью-Йорк; G — Вейде; E — Нейдорф; F — Фрейберг; H — Висконсин, Иллинойс; L — Кирхен; M — двойник прорастания из Циллы.

Ген. — гидротермальные, главным образом мезотермальные полиметаллические месторождения, как жильные, так и контактно-метасоматические, в парагенезисе с сфалеритом, пиритом, халькопиритом, борнитом, тетраэдритом, кварцем флюоритом, баритом, кальцитом и др. возгоны вулканов, метасоматические залежи в известняках; биолитовые образования в осадочных породах.

Изм. — при окислении PbS переходит в сульфат свинца (англезит): $PbS + 4O = PbSO_4$, который, в свою очередь, преобразуется в карбонат свинца — церуссит:



углекислота для этой реакции может получиться и при окислении сидерита:



Так как реакция происходит в воде, в которой находятся в растворе разные соли, то могут получиться следующие минералы: гидроцеруссит $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$; при неполной карбонатизации сульфата свинца получается летгиллит $PbSO_4 - 2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$, а в присутствии хлора — фосгенит — $PbCO_3 \cdot PbCl_2$. При дальнейшем окислении получают: массивот — PbO , сурик (минимум) — Pb_3O_4 и платтнерит PbO_2 . Как промежуточное звено может образоваться самородный свинец.

При метаморфизации галенита в присутствии фосфорных, мышьяковых, молибденовых, ванадиевых, хромовых и вольфрамовых соединений в верхних горизонтах полиметаллических месторождений получают: пироморфит — $[Pb_4(PbCl)(PO_4)_3]$; миметезит — $[Pb_4(PbCl)(AsO_4)_3]$; ванадинит — $[Pb_4(PbCl)(VO_4)_3]$; крокоит — $[PbCrO_4]$; вульфенит — $(PbMoO_4)$; штольцит — $(PbWO_4)$.

Прим. — главная руда на свинец.

Гл. м. — Садонский рудник (Североосетинская АССР) — рудная жила в зоне разлома древнего гранита и юрской осадочно-туфогенной свиты: галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, пирротин, кварц, кальцит. Алтайский край: свинцово-цинковые мезотермальные жилы среди порфиров Черепановского, Заводинского, Риддерского, Белоусовского и других рудников; Новосибирская обл. — Салаирский рудник — кварцево-баритовые линзы (с серицитом, хлоритом, кальцитом) среди палеозойских сланцев — со сфалеритом, галенитом, халькопиритом, тетраэдритом и др. Нерчинский рудник (Читинской обл.) многочисленные месторождения в Средней Азии (см. табл. VIII, фиг. 1); Тетюхе — Дальневосточный край, о. Вайгач; в Якутии и др.

В США в юго-западном Миссури — Джоплин — галенит в доломитизированных известняках и сланцах. В связи с изверженными породами: в Аризоне — Эврика. В Германии старинные Фрейбергские рудники, Рудные Горы (Эрцгебирге), Гарц, Клаустальское плато и др. В Норвегии — Конгсберг и др.

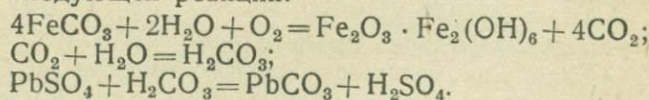
Э. н. м. — от лат. галена — свинцовая руда.

171. Церуссит

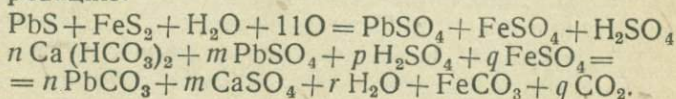


- Х. с. — карбонат свинца; Pb — 83,5%; CO₂ — 16,5%.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — призматические кристаллы, часты двойники срастания и прорастания; также сплошные, зернистые, плотные, натечные, землистые, рыхлые образования.
 Цв. — белый, сероватый, синеватый, зеленоватый, серовато-черный.
 Бл. — алмазный.
 Тв. — 3—3,5.
 Уд. в. — 6,48.
 Исп. — перед паяльной трубкой растрескивается и плавится; на угле легко восстанавливается до металлического свинца; в окислительном пламени дает налет окиси свинца со смесью Кобелля — характерный желтовато-зеленый налет Pb₂J; растворим в соляной кислоте со вскипанием.
 Ген. — вторичный металл, в который переходят все соединения свинца на поверхности. Иногда церуссит скапливается в очень больших количествах. Считают, что церуссит образуется при действии сульфата свинца на углекислые соли других металлов.

Необходимо учесть, что PbCO₃ менее растворим в воде, чем PbSO₄, поэтому американский ученый Рансом считает, что церуссит может получиться при следующей реакции:



Так как обычно эта реакция идет в условиях карбонатных вод известняков, то проще предложить такую реакцию:



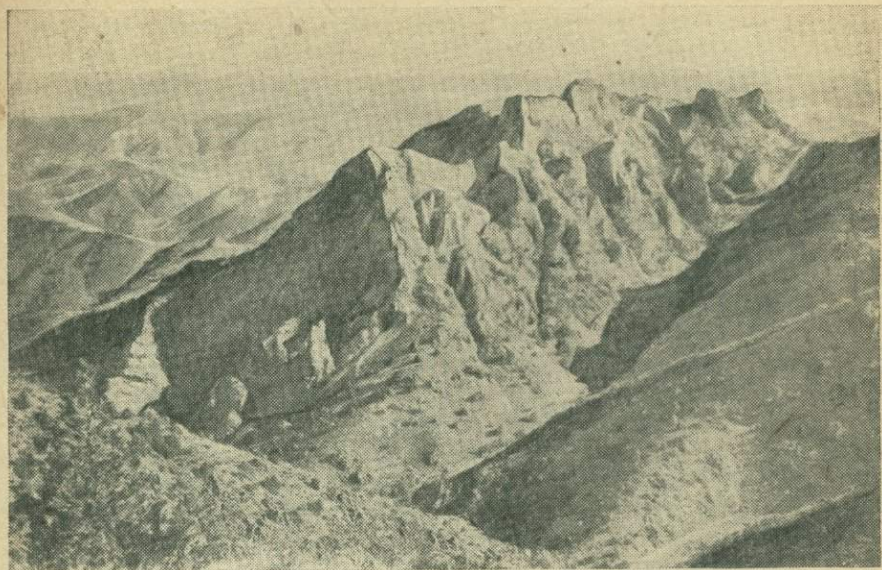
- Прим. — богатая свинцовая руда и белая краска.
 Гл. м. — почти во всех месторождениях. Нерчинский район (Читинская обл.) — Кличкинская группа, Кадаинская группа и др. Алтайский край; Казахстан (Ачи-сай, Сулейман-сай и др.). В Англии — Дербишир, Дюргамледхилс; в Саксонии — Гарц и Блейберг, США — Ледвиль, Кердален и др.
 Э. н. м. — церусса по лат. белила.

172. Англезит

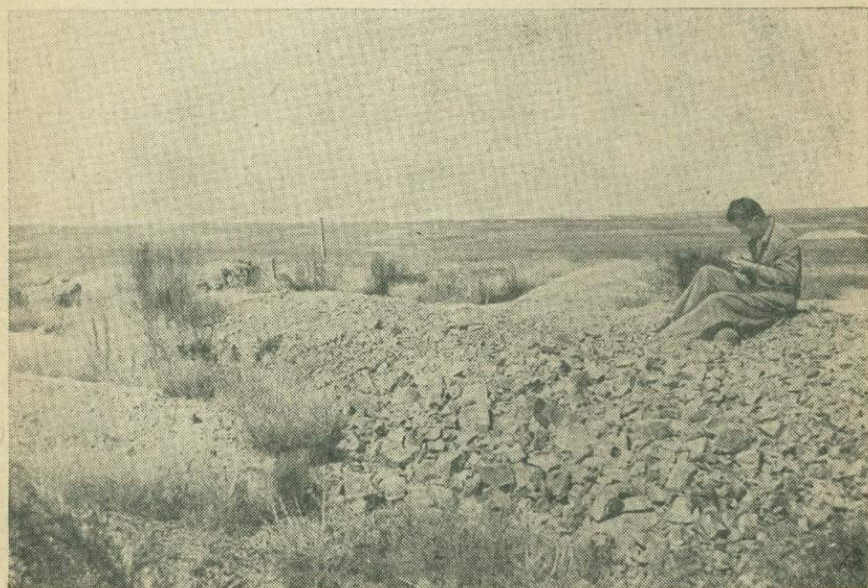


Свинцовый купорос

- К. с. — сульфат свинца; PbO — 73,6%; SO₃ — 26,4%.
 К. с. — ромбическая.



Фиг. 1. Алтын-топкан с рядом полиметаллических месторождений. Северные склоны Карамазарских гор. Таджикская ССР.



Фиг. 2. Медно-порфировое месторождение Бошекуль. На переднем плане — разведочные канавы и шурфы. Центральный Казахстан.

- О. ф. — короткие призматические или табличатые мелкие кристаллы, сплошные и натечные массы.
- Цв. — белый, сероватый, зеленоватый, желтоватый, голубоватый.
- Бл. — алмазный, жирный; некоторые разности водянопрозрачные.
- Тв. — 2,75—3.
- Уд. в. — 6,3—6,4.
- Исп. — дает серную печень, в восстановительном пламени дает королек свинца, легко плавится даже в пламени свечи. Трудно растворим в кислотах.
- Ген. — продукт окисления свинцового блеска: $PbS + 4O + nH_2O = PbSO_4 + nH_2O$; кроме того, следует отметить, что если в растворе находится ион свинца (раствор хлористого свинца), то при смешении такого раствора с сульфатной водой выпадает сульфат свинца. Реакция протекает только в присутствии воды, но сама вода в конечный продукт реакции не входит. Англезит образуется почти во всех шляхах галенитовых месторождений.
- Гл. м. — Тарыэкан и Кан-сай (Таджикистан), Березовский рудник (Свердловская обл.) и др. В Англии рудник в Энглезе, Корнуолл, Дербишир, Кумберленд, Ледхилл; в Австралии — Брокенхилл и др.; в США — Лейксити (Колорадо) и много других.
- Э. н. м. — по местности Энглезе в Англии.

МИНЕРАЛЫ ЦИНКА

Цинк (Zn) — металл второй группы, обычно находится в двухвалентном состоянии.

Атомный вес 65,38; порядковый номер 30; изотопы 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70.

Радиус атома 1,37 Å, радиус иона 0,83 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-3}$. Удельный вес 6,9—7,19, твердость 3,5; при изломе хрустит; плавится при 419,4°; серовато-белого цвета.

Соединения цинка были известны древним грекам и назывались кадмеиа, откуда произошло название галмея для окисленных руд.

В Китае и Индии цинк был известен очень давно. Производство цинка в Европе началось впервые в Силезии в 1798 г.; до этого времени цинк ввозился в Европу из Индии.

В воде растворимы хлористые, бромистые, иодистые, азотнокислые, сернокислые и хромовокислые соли цинка.

При 18° С растворимость цинковых солей (в г/л) следующая:

ZnSO ₄	— 551,20
ZnCl ₂	— 2039,00
Zn(NO ₃) ₂	— 1178,00
ZnCO ₃	— 0,07.

Не растворимы в воде: гидрат, фтористые, сернистые, углекислые, кремнекислые, фосфорнокислые, мышьяковистые и борнокислые соли.

Из водных растворов солей цинка от прибавления сернистого аммония осаждается сернистый цинк; сероводород может осадить сернистый цинк только в присутствии достаточного количества ацетат-ионов. Свежеосажденный сернистый цинк — белого цвета, в отличие от сернистого кобальта и никеля; он легко растворим в слабой соляной кислоте; в отличие от железа и марганца растворяется в едком натре; в отличие от алюминия и хрома легко растворяется в водном аммиаке.

При прокаливании цинковых солей перед паяльной трубкой получается налет окиси цинка, желтый — горячий и белый — на холоде. Если этот налет смочить раствором $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и снова прокалить в окислительном пламени, то получится Ринманова зелень, состоящая из $\text{CoO} \cdot \text{ZnO}$.

Цинк широко применяется в народном хозяйстве: для изготовления ванн, ведер, холодильников, покрытия кровель; для оцинкования железа, в защиту его от окисления; в сплавах с медью (латунь, томпак); для приготовления белил и литопона (белой краски); хлористый цинк является антисептиком; применяется для химических реактивов и в медицине.

Всего известно около 55 минералов, содержащих цинк: самородных 1, сернистых 7, окислов 4, карбонатов 8, манганатов 4, сульфатов 11, фосфатов, арсенатов и ванадатов 10, силикатов 10. Всего 55.

Главная масса цинка концентрируется в мезотермальных жилах — в сфалерите (цинковой обманке); при выветривании этой руды цинк переходит в карбонаты, сульфаты и силикаты.

При миграции в поверхностных частях коры выветривания цинк поглощается в почвах. В районах цинковых месторождений происходит своеобразное обогащение почв цинком, в связи с чем на них начинают произрастать характерные растения, например, цинковая фиалка (*Viola Zineifera*) и др. Цинк содержится не только в растениях, но и в животных; следует отметить, что в яде некоторых змей было найдено до 2% цинка.

Ниже приводится список минералов, содержащих цинк:

Самородный цинк Zn

Сфалерит или цинковая обманка $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$ (и вюрцит)

Цинкит ZnO

Ганит $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Франклинит $(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{O} \cdot (\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_3$

Смитсонит ZnCO_3

Монгеймит $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{CO}_3$

Аурихальцит $2(\text{Zn}, \text{Cu})\text{CO}_3 \cdot 3(\text{Zn}, \text{Cu})(\text{OH})_2$

Гидроцинкит $2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$

Даналит $(3\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{BeSiO}_4 \cdot \text{ZnS}$

Ларсенит PbZnSiO_4

Виллемит Zn_3SiO_4

Каламин $\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_5$

Адамин $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$

Деклуазит $(\text{Pb}, \text{Zn})_3(\text{VO}_4)_2(\text{Pb}, \text{Zn})(\text{OH})_2$

Цинкозит ZnSO_4

Госларит $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Бианкит $2\text{ZnSO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Дитрихит $(\text{Zn}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$

Цинкалуминит $2\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Из них рассмотрим виллемит, каламин, сфалерит, цинкит, госларит, смитсонит и аурихальцит.

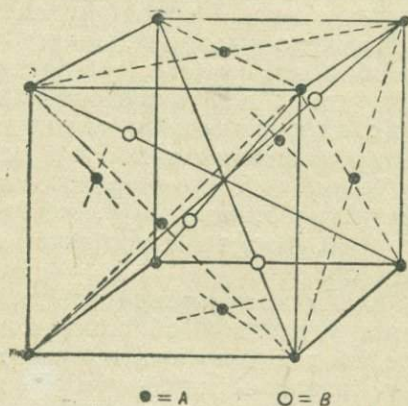
Максимальное количество цинка получается из цинковой обманки (сфалерит) и из галмея (смесь главным образом каламина и смитсонита).

173. Сфалерит

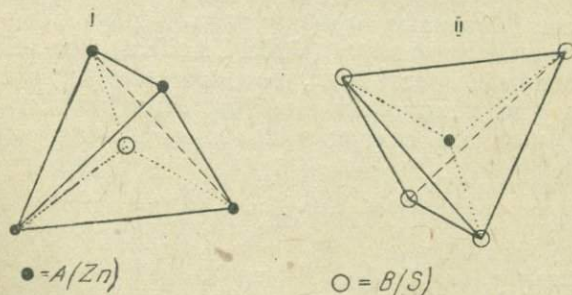
$(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$

Цинковая обманка

Х. с. — сульфобазы цинка; $\text{Zn}—67,0\%$; $\text{S}—33,0\%$. Всегда содержит железо, изоморфно замещающее цинк; часто содержит также кадмий, индий, таллий и другие редкие элементы.



Фиг. 123. Тип цинковой обманки.

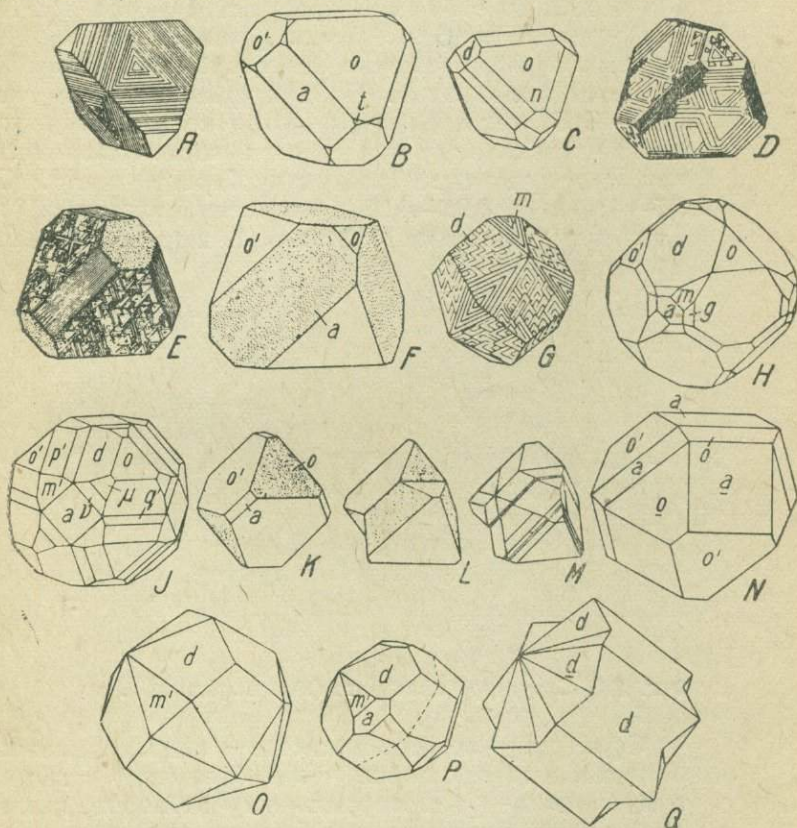


Фиг. 124. Структура цинковой обманки.

К. с. — кубическая, тип решетки, аналогичный алмазу (фиг. 123 и 124).

О. ф. — тетраэдрические кристаллы, часто закругленные и скорлуповатые. Обычны зернистые и плотные массы (фиг. 125).

- Сп. — совершенная по тетраэдру.
 Цв. — искусственный ZnS белого цвета, но естественный ZnS от присутствия всевозможных примесей всегда бывает окрашен в разные цвета: светложелтый, коричневатый, коричневый, бурый, черный, красноватый, голубоватый.
 Бл. — металлический, алмазный и зеркальный.
 Тв. — 3,5—4,0; хрупкий минерал.
 Уд. в. — 3,9—4,2.



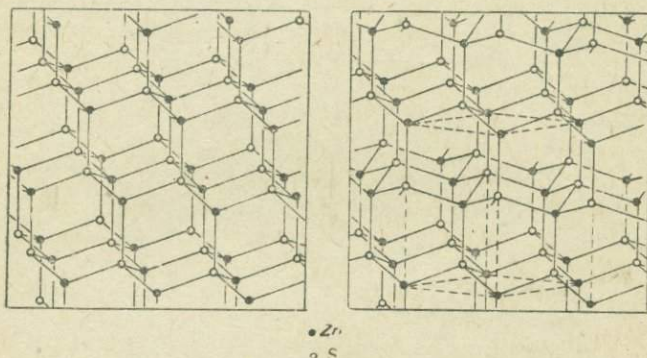
Фиг. 125. Кристаллические формы цинковой обманки.

a (100), d (110), o_1 (111), o' (11 $\bar{1}$), g (320), n (211), n' (21 $\bar{1}$), m (311), m' (31 $\bar{1}$), μ (411), v (12 · 1 · 1), p' (221), q' (331), t (431). А — Серравецца; В — Биннеталь; С — Дербишир; D — Корнуолл; E — Нордмаркен; F — Шлаггенвальд — это кристаллы с тетраэдрическим обликом. Значение грани (110) видно на фигурах: G — Корнуолл; H — Капник; O — Кумберланд, P, Q — Гарц. J — Оберланштейн; K, L — Ивиггут; M — Родна; N — Биннеталь. O — двойник прорастания; P и Q — другие формы двойников.

- Исп. — перед паяльной трубкой не плавок, но растрескивается по спайности, что создает впечатление сплавления острых осколков; образует серную печень; дает налет окиси цинка в окислительном пламени, желтоватый в горячем состоянии и белый при охла-

ждении. При действии на налет окиси цинка азотно-кислым кобальтом $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и при дальнейшем его прокаливании получается Ринманова зелень $\text{CoO} \cdot \text{ZnO}$. В крепкой HNO_3 растворяется с выделением серы; в HCl разлагается с выделением H_2S ; реакция идет при этом не так бурно, как у свинцового блеска.

Разн. — марматитом называется черная с металлическим блеском разность цинковой обманки с содержанием Fe более 10%. В этом минерале встречаются выделения станина. Безжелезистая цинковая обманка светлых окрасок (обычно желтовато-коричневая) называется клейофаном. Полиморфная разность вюрцит — ZnS , гексагональные, короткопризматические или пирамидальные кристаллы и часто волокнистые или скорлуповатые разности бурого цвета. Тв. 3,5—4; уд. в. 3,98—4,08. Оптически положительная. Структуры цинковых обманки и вюрцита представлены на фиг. 126.



Фиг. 126. Структура сфалерита (1) и вюрцита (2).

Сфалерит — по преимуществу гидротермальный минерал, выделяющийся часто совместно с галенитом из гипо- и мезотермальных растворов, связанных с гранитной магмой. Весьма характерен при этом несколько более высокотемпературный период выпадения сфалерита; поэтому свинцово-цинковые месторождения с глубиной обычно беднеют свинцом, обогащаясь цинком. Нередок также метасоматический характер образования сфалерита, на контактах магмы с известняками, причем путем замещения последних образуются крупные залежи сфалерита.

Клейофан чаще образуется как вторичный минерал.

Сфалерит в гидротермальных процессах осаждается из щелочных или слабокислых растворов; вюрцит выпадает из кислых растворов.

Парагенезис сфалерита обширен: в сообществе с ним встречаются галенит, аргентит, халькопирит, борнит, пирит, тетраэдрит, теннантит, арсенипирит, пирротин, молибденит и др.

- Изм. — в коре выветривания ZnO неустойчив и переходит в цинковый купорос: $ZnS + 4O + 7H_2O = ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. При реакции с кальцитом известняка образуются смитсонит и гипс: $ZnSO_4 + CaCO_3 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + ZnCO_3$. Из холодных растворов выпадает гидрочинкит $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$. В случае разложения цинковой обманки и халькопирита образуется аурихальцит $2(Zn, Cu)CO_3 \cdot 3(Zn, Cu)(OH)_2$. Если разложение цинковой обманки происходит в кремнистых породах, то получают каламин $Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$ и виллемит Zn_2SiO_4 . При всех этих реакциях железозинковой обманки дает гидраты окиси. Разная растворимость сульфата цинка и сульфата свинца приводит к тому, что их вторичные минералы уже могут образовывать отдельные друг от друга концентрации.
- Исп. — Сфалерит можно получить искусственно, нагревая в запаянной трубке до температуры 200° и при повышенном давлении порошок аморфного сернистого цинка с раствором сероводорода.
- Прим. — главная руда на цинк.
- Гл. м. — см. галенит.
- Э. н. м. — сфалерит происходит от греч. сфалерос — изменчивый, вероломный; марматит назван по местности Мармато, близ Папайана в Италии; клейофан — греч. слово: клеймо — называю, фанос — светлый; вюрцит — в честь минералога Вюрца.

174. Цинкит

ZnO

Спарталит, красная окись цинка

- Х. с. — Zn — 80,3%; O — 19,7%; имеются примеси марганца.
- К. с. — гексагональная.
- О. ф. — кристаллы встречаются редко, обычны листоватые или зернистые массы.
- Сп. — совершенная по пинакоиду (0001).
- Цв. — темнокрасный, в тонких пластинках просвечивает темножелтым цветом; черта оранжево-желтая. Искусственная окись цинка — белого цвета; можно предполагать, что красный цвет природного цинкита зависит от следов марганца.
- Бл. — металловидный — алмазный.
- Тв. — 4—4,5.
- Уд. в. — 5,4—5,7.
- Исп. — при нагревании в закрытой трубке чернеет, при охлаждении восстанавливается первоначальный цвет. Перед паяльной трубкой не плавок, на угле дает окиси.

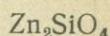
цинка; налет, смоченный $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, после вторичного прокаливания дает Ринманову зелень.

- Ген. — вторичный минерал контактных цинковых месторождений. Встречается с франклинитом $[(\text{Zn}, \text{Mn})\text{Fe}_2\text{O}_4]$ как продукт его разрушения. Франклин-Фернес.
- Гл. м. — крупное месторождение близ Стерлинг-Хилл (штат Нью Джерси) — с франклинитом, виллемитом, родонитом, флюоритом, кальцитом, графитом и др. Встречается в Свердловской обл. (Шайтанка, Нижний Тагил).

Прим. — самая богатая, но редкая цинковая руда.

Э. н. м. — по химическому составу.

175. Виллемит



Х. с. — ортосиликат цинка; $\text{ZnO} - 73,0\%$; $\text{SiO}_2 - 27,0\%$.

К. с. — гексагональный.

О. ф. — гексагональная призма в комбинации с ромбоэдром; иногда в крупных кристаллах; также зерна, волокнистые, сплошные скопления.

Цв. — белый, яблочно-зеленый, зеленоватый, желтоватый, коричневатый, мясокрасный.

Бл. — стеклянный до смолистого.

Тв. — 5—5,5.

Уд. в. — 3,9—4,1.

Исп. — дает реакцию на цинк с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и желатинирует с кислотами.

Разн. — тростит — марганцовая разновидность виллемита.

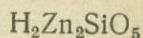
Ген. — зона окисления цинковых руд; образуется значительно реже каламина (см. ниже). Предполагают, что он выделился как первичный минерал (?) в Франклин-Фернес (см. цинкит), в Нью-Джерси (США).

Прим. — цинковая руда.

Гл. м. — в месторождениях сфалерита. Герчинский район (Читинская обл.), Тетюхе (Дальневосточный край); Аахен и Альтенберг (Германия), Райбл (Каринтия), Нью Джерси (США) и в других местах.

Э. н. м. — в честь Вильяма I.

176. Каламин



Гемиморфит, галмей (частью)

Х. с. — водный ортосиликат цинка; $\text{ZnO} - 67,5\%$; $\text{SiO}_2 - 25,0\%$; $\text{H}_2\text{O} - 7,5\%$.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — шестоватые и игольчатые, волокнистые, натечные, почковидные, зернистые и плотные образования. Табличатые или призматические кристаллы, усложненные комбинациями, дающими им ромбо-пирамидальный, гемиморфный габитус.

Сп. — совершенная, по призме.

- Цв. — белый, желтовато-коричневый, иногда зеленоватый и голубоватый.
- Бл. — стеклянный, переходящий в алмазный; иногда просвечивает.
- О. с. — ясно выраженные пирoeлектрические свойства.
- Тв. — 4,5—5.
- Уд. в. — 3,36—3,49.
- Исп. — в закрытой трубке дает воду. На угле дает налет цинка, разлагается в кислотах с выделением кремнезема; растворим в концентрации КОН.

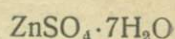


Фиг. 127. Игольчатые и тонкопластинчатые кристаллы каламина. Зона окисления месторождения Кан-сай (рудник Южная Дарбаза) в Карамазарских горах. Таджикская ССР.

- Опт. — $N_m = 1,617$; $N_g - N_p = 0,022$.
- Ген. — образуется в зоне окисления при разложении цинковой обманки в присутствии кремневых растворов; обычно с ним встречаются смитсонит и виллемит. Смесь этих богатых цинковых руд называется галмеем.
- Прим. — руда на цинк.
- Гл. м. — в связи с месторождениями сфалерита. Сулеймансай (в Казахстане), Тетюхе (Дальневосточный край); Алтайский край (Чагирский и другие рудники); Кличкинский и Тайнинский в Нерчинском районе (Читинская обл.). За границей известны крупными кристаллами месторождения в Сардинии (Ильезиас, гора Монтепони и др.), в Англии — Альстон Мур и др.

Э. н. м. — от греч. *калямус* — тростник (также персидское *калям* — перо — тростник) — по форме кристаллов.

177. Госларит



Цинковый купорос

- Х. с. — Zn — 28,2%; SO_3 — 27,9%; H_2O — 43,9%.
К. с. — ромбическая.
О. ф. — тонкие призматические, волосовидные кристаллы, также сталактиты и натеки, выцветы.
Сп. — совершенная по брахипинаккиду.
Цв. — белый, желтоватый, красноватый.
Бл. — стеклянный. Прозрачен или просвечивает.
О. с. — противного металлического вкуса.
Тв. — 2—2,5.
Уд. в. — 2,1.
Исп. — при нагревании в трубочке кипит и выделяет воду, плавится в белую непрозрачную массу. Дает реакцию на цинк и образует серную печень. Легко растворим в воде; при прибавлении к водному раствору госларита хлористого бария выпадает осадок BaSO_4 . $Nm = 1,480$; $Ng - Np = 0,027$; $-2V = 46$.
Ген. — образуется при окислении цинковой обманки в зоне выветривания (см. сфалерит).
Гл. м. — Германия — Гослар, Раммельсберг и др.
Э. н. м. — по местности Гослар.

178. Смитсонит



Цинковый шпат, галмей (частью)

(каламин английских авторов)

- Х. с. — карбонат цинка; ZnO — 64,8%; CO_2 — 35,2%; Zn — 52%; цинк частично бывает замещен железом или марганцем, часто присутствуют небольшие количества кальция, магния, кадмия, индия.
К. с. — гексагональная.
О. ф. — комбинация ромбоэдра; кристаллы редки; обычно в виде сплошных корок, натечных, почковидных, гроздевидных, сталактитовых образований.
Сп. — совершенная по ромбоэдру.
Цв. — белый, серый, зеленоватый, голубовато-белый, синий.
Бл. — стеклянный, перламутровый, просвечивающий или непрозрачный.
Тв. — 5,5.
Уд. в. — 4,3—4,5.
Исп. — растворяется в соляной кислоте со вскипанием; в закрытой трубке выделяет углекислоту и становится в горячем состоянии желтым, по остывании — белым; перед паяльной трубкой не плавится; прокаленный на угле, смоченный $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и снова прокаленный в окислительном пламени, принимает зеленый цвет;

с содой на угле дает пары цинка, образующие налет.

Ген. — вторичный минерал в зоне окисления цинковых руд — вместе с каламином (галмей); особо крупные скопления „галмейных руд“ связаны с метасоматическим замещением карбонатных пород, в которых образовании смитсонита идет примерно по такой схеме: $ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$; $ZnSO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + ZnCO_3$. Галмейные руды залегают в известняках и доломитах в виде карманов и других тел неправильной формы.

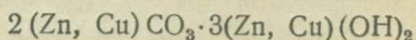
В полиметаллических рудах смитсонит обычно встречается совместно с PbS , $(Zn, Fe)S$; $CuFeS_2$ и др.; при их окислении получают сульфаты свинца и цинка, имеющие различную растворимость. Первые осаждаются близ месторождения, вторые уносятся дальше. В силу этого во вторичном залегании свинцовые и цинковые руды лишь в исключительных случаях встречаются совместно.

Прим. — хорошая цинковая руда.

Гл. м. — в связи с месторождениями сфалерита. Такели (Таджикистан), Тетюхе (Дальневосточный край), Чагирский и Зыряновский (Алтайский край) и др. За границей: Брокенхилл (Австралия), Ледхилс (Шотландия), Альстон Мур в Кумберленде (Англия) и др.

Э. н. м. — в честь Джемса Смитсона, основателя научно-исследовательского института в Вашингтоне, США.

179. Аурихальцит



Х. с. — основная углекислая соль меди и цинка.

К. с. — моноклиная.

О. ф. — радиально-лучистые агрегаты, друзы, корочки, натеки.

Сп. — совершенная.

Цв. — голубоватый до голубовато-зеленого.

Бл. — перламутровый или тусклый.

Тв. — 2.

Уд. в. — 3,64.

Исп. — легко плавится, растворим в кислотах, в HCl с шипением.

$$+ 2V = 68^\circ; Nm = 1,758; Ng - Np = 0,108.$$

Ген. — вторичный минерал в шляпе полиметаллических месторождений, образуется при окислении цинковой обманки и медного колчедана, в связи с деятельностью бикарбонатных вод в известняках.

Прим. — индикатор на медь и цинк, цинково-медная руда; в прежнее время из этого минерала непосредственно получали латунь.

Гл. м. — Алтынтопкан, Такели, Кара-Мазар (Таджикистан), Заводинский, Локтевский рудники (Алтайский край); Баян-аул (Казахстан).

Э. н. м. — смысл термина неясен; возможно, от греч. халькос — медь и лат. зурум — золото (по золотистому цвету выплавлявшейся латуни); другой вариант — от греч. орихэлькос — медная гора.

МИНЕРАЛЫ КАДМИЯ

Кадмий (Cd) — двухвалентный элемент второй группы.

Атомный вес 112,41; порядковый номер 48; изотопы 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116.

Радиус атома 1,52 Å, радиус иона 1,03 Å, кристаллизуется в гексагональной системе. Кларк $8 \cdot 10^{-5}$.

Блестящий белый ковкий металл, тускнеющий на воздухе; уд. в. 8,64, тв. 2. Плавится при $320,9^\circ$, кипит при 410° .

Кадмий открыт Штроемейером в карбонате цинка в 1817 г. и Германом в окиси цинка. Так как древние греки называли окись цинка кадмеиа, то новый элемент, найденный в этой окиси, был назван кадмием.

При накаливании кадмий легко сгорает, окрашивая пламя в красный цвет, образуя бурые пары CdO; окись кадмия CdO представляет собой бурый порошок. Гидроокись кадмия $\text{Cd}(\text{OH})_2$ — (белый осадок), образующаяся от действия щелочей, растворяется в NH_4OH .

Сернистый кадмий CdS (яркий желтый осадок) образуется от действия сероводорода на растворы кадмия; эта сульфобазы не растворяется в разбавленной кислоте, но растворима в концентрированной соляной кислоте, также в слабой азотной и в кипящей разбавленной соляной кислоте.

Хлористый кадмий CdCl легко растворяется в воде и спиртах.

Фтористый кадмий мало растворим в воде и слабо летуч при нагревании.

Сульфат кадмия CdSO_4 легко растворим в воде, кристаллизуется с разным содержанием воды вместе с железным или медным купоросом.

Карбонат кадмия обычно выпадает из растворов карбонатных вод с некоторой примесью гидроокиси.

Кадмий употребляется преимущественно для изготовления легкоплавких сплавов; небольшая присадка к меди увеличивает механическую прочность медной проволоки (трамвайные провода); для элементов Вестона, для амальгамы зубных пломб; для покрытия металлов (аналогично олову и цинку). Сернистый кадмий служит красками (кадмиопоны); бромид и иодид кадмия употребляются в фотографии.

Соединения кадмия концентрируются совместно с минералами цинка; несмотря на различие атомных и ионных радиусов кадмия и цинка, эти два элемента встречаются вместе благодаря близким химическим свойствам и большому средству к сере. Содержание кадмия в некоторых цинковых рудах доходит до 5%, обычно же колеблется между 0,01 и 0,1%.

Благодаря близости радиусов ионов кадмия и кальция возможно рассеяние (маскировка) ионов кадмия среди ионной решетки кальциевых минералов.

Собственно кадмиевых минералов известно только три:

Гринокит CdS

Окись кадмия CdO

Отавит — основной карбонат кадмия.

180. Гринокит

CdS

Кадмиевая обманка

- Х. с. — Cd — 77,7%; S — 22,3%; землистый CdS содержит воду (ксантохроит).
- К. с. — гексагональная, у искусственного — кубическая.
- О. ф. — редко — мелкие кристаллики в виде дигексагональной пирамиды; обычно — в виде налетов и корочек.
- Цв. — желтый разных оттенков.
- Бл. — алмазный; землистые разности тусклы; черта желтая.
- Тв. — 3—3,5.
- Уд. в. — 4,9—5,0.
- Исп. — дает серую печень, растворяется в HCl с выделением H_2S ; при накаливании в трубочке становится карминово-красным — только в горячем состоянии. Дает реакцию на Cd .
- Ген. — образуется совместно с сфалеритом и другими цинковыми минералами; легко мигрирует в зоне окисления, выделяется на крепях рудников и пр.
- Прим. — главная кадмиевая руда.
- Гл. м. — Кансай и южная Дарбаза—Кара-Мазар (Таджикистан), Садонский рудник (северная Осетия), Тетюхе (Дальневосточный край). За границей: Бишоптон (Шотландия), Пшибрам (Чехия), Блейберг (Каринтия); Нью Джерси, Пенсильвания (США) и др.
- Э. н. м. — в честь графа Гринока.

МИНЕРАЛЫ МЕДИ

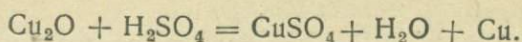
Медь (Cu) — элемент первой группы. Атомный вес 63,57; порядковый номер 29, изотопы 63, 65. Радиус атома 1,28 Å, радиус иона 0,96 Å. Кларк $3 \cdot 10^{-3}$.

Кристаллизуется в кубической системе. Уд. в. 8,93, тв. 3. Плавится при 1083° ; медно-красного цвета с металлическим блеском.

Медь была известна в глубокой древности (греч. халькос, лат. — купрум).

Закись меди Cu_2O в воде практически не растворима, но легко растворяется в водном аммиаке, едких щелочах, в кон-

центрированных растворах галоидоводородных кислот, в слабой серной кислоте с выделением меди.



Окись меди CuO растворяется в кислотах. Гидрат окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ не растворим в воде, растворим в избытке аммиака. Хлорид закисной меди CuCl незначительно растворяется в воде, но легко растворяется в концентрированной кислоте, в хлоридах щелочных металлов и в аммиаке. CuCl_2 легко растворим в воде. Концентрированные водные растворы CuCl_2 поглощают значительные количества окиси азота и аммиака.

Сульфобазы меди Cu_2S в воде не растворима. Сульфат меди CuSO_4 легко растворяется в воде. Основные карбонаты меди трудно растворимы.

Медь — главным образом в виде проволоки — широко применяется в электротехнике; в виде различных сплавов — при изготовлении деталей машин, приборов, инструментов, бытовых и хозяйственных вещей; применяется также для чеканки разменной монеты. Ее соли употребляются в красочном деле, в технологии искусственного волокна, для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, в гальванопластике, фотографии и др.

Всего насчитывается около 155 минералов меди, из них: самородных 3, сернистых 47, галоидных 18, окислов 5, карбонатов 6, силикатов 8, фосфатов 35, нитратов 2, сульфатов 30, прочих 2.

К минералам меди относятся:

Самородная медь	Cu
Халькозин	Cu_2S
Ковеллин	Cu_3S_2
Халькопирит	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$
Борнит	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$
Тетраэдрит	$4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
Теннантит	$4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
Энергит	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$
Фаматинит	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
Кубанит	$\text{Cu}_3\text{S} \cdot \text{Fe}_4\text{S}_5$
Нантоцит	CuCl
Маршит	CuJ
Майерсит	$\text{CuJ} \cdot 4\text{AgJ}$
Атакамит	$\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$
Куприт	Cu_2O
Тенорит	CuO
Малахит	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
Азурит	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
Аурихальцит	$2(\text{Zn}, \text{Cu})\text{CO}_3 \cdot 3(\text{Zn}, \text{Cu})\text{OH}_2$
Диоптаз	H_2CuSiO_4
Хризокolla	$\text{H}_2\text{CuSiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Брошантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$
Вернадскит	$3\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Халькантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Бирюза	$(\text{Cu}, \text{Fe})\text{Al}_2(\text{AlO})_4(\text{PO}_4)_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

По акад. В. И. Вернадскому, медь относится к девятому изоморфному ряду (Mg, Mn, Fe, Zn, Cd, Cu, Ni, Co) и к десятому (Au, Ag, Hg, Cu, Pb, Tl). Таким образом в основных магматических породах медь находится в рассеянном виде в ортосиликатах магнезия, при выветривании которых получают водные силикаты меди.

Из магматических сульфидных расплавов медь выносятся вместе с летучими соединениями и выпадает из гидротермальных растворов совместно с десятью элементами изоморфного ряда, образуя халькопирит, борнит, тетраэдрит, теннантит, энаргит, фаматинит, кубанит; значительно реже в этих же условиях выделяются сульфобазы — халькозин, ковеллин и самородная медь.

Температурный интервал гидротермального выделения медных сульфидов и сульфосолей очень велик.

В коре выветривания при окислении сульфосолей происходит образование сульфатов, карбонатов, водных силикатов меди, которые выделяются вместе с гидратами окиси железа.

Сульфобазы меди—халькозин и ковеллин—образуются в результате вторичного обогащения (цементации) медных руд.

Ниже будут рассматриваться: самородная медь, халькопирит, ковеллин, блеклые руды, халькопирит, борнит, куприт, тенорит, нантоцит, атакамит, диоптаз, хризоколл, малахит, азурит, халькантит и брошантит.

181. Самородная медь

Cu

Х. с. — самородная медь является твердым раствором меди, серебра и железа, с одной стороны, и физической смесью серебра, железа, свинца, золота и ртути, с другой стороны. Различают следующие разновидности этого минерала:

самородная медь — Cu 99,5 — 100%

серебристая медь — Cu 92,5 — 98,1%, Ag 1,1—7,6%

железистая медь — Cu 97,4 — 98,6%, Fe 1,4—2,3%

Кроме того, обычно выделяют минерал купрокуприт, представляющий твердый раствор меди и куприта (Cu₂O).

К. с. — кубическая.

О. ф. — часто в виде двойниковых сростков, дендритов, пластин, реже представлена хорошо окристаллизованными кубами и октаэдрами (см. фиг. 121, А, В, С, D, E, F, G, H, J).

Цв. — медно-красный.

Бл. — в свежем изломе металлический.

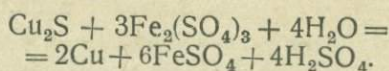
О. с. — излом крючковатый, занозистый; ковка.

Тв. — 2,5—3.

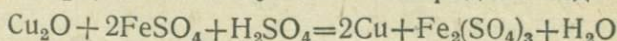
Уд. в. — 8,8—8,9.

Исп. — перед паяльной трубкой плавится в королек. Легко растворима в разведенной HNO₃, с выделением окислов азота; растворима в царской водке.

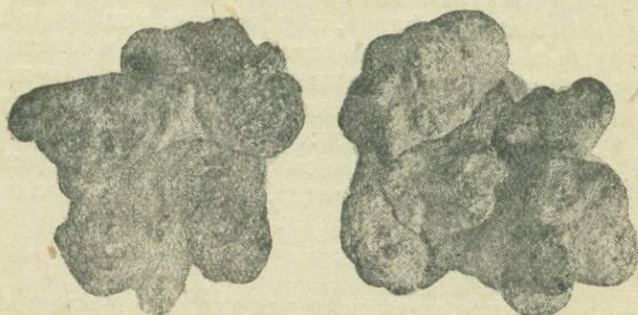
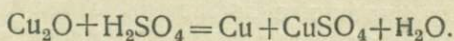
Ген. — условия образования самородной меди весьма разнообразны. К первому типу относится выделение ее в коре выветривания в связи с распадом сернистых соединений меди; например, при действии сернокислого окисного железа на халькозин идет такая реакция:



При дальнейшей обменной реакции сульфата железа и серной кислоты с закисью меди — купритом (Cu_2O) также получается самородная медь:



или



Фиг. 128. Стяжения самородной меди из третичных песчаников. Наукат, Тадж. ССР.

Самородная медь этого типа встречается в шляхах рудных жил, где сростания ее образуют иногда очень крупные самородки; также, несомненно, известная роль в выделении самородной меди принадлежит органическому веществу, в осадочных породах, содержащих медь, например в медистых песчаниках.

Другой тип образования самородной меди связан с вулканической и поствулканической деятельностью, преимущественно с основной магмой. Наиболее крупное месторождение этого типа известно в США (см. ниже).

Выделившаяся тем или иным способом самородная медь на поверхности неустойчива. Она переходит в медную зелень, которая в большинстве случаев состоит из малахита CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Прим. — самородная медь служит наиболее богатой медной рудой.

Гл. м. — месторождения первого типа, дающие иногда крупные самородки самородной меди, многочисленны в СССР. Свердловская обл. (Турьинский, Богослов-

ский, Гумешевский рудник, Меднорудянское месторождение); Челябинская обл. (Соймоновский рудник в Кыштымском районе, Надеждинский — в Миасском районе и др.); Азербайджанская ССР (Кедабекское месторождение); Армянская ССР (Аллаверды); Красноярский край, Новосибирская обл., Алтайский край, Читинская обл. и др. Из концентраций самородной меди второго типа мировой известностью пользуются богатейшие месторождения полуострова Кьюинау на южном берегу Верхнего Озера (Мичиган, США), где медь обильно выделялась в пустотах и трещинах среди мелафиров и залегающих между ними крупнозернистых конгломератов. Самородная медь сопровождается цеолитами, кварцем, кальцитом, хлоритом. Отдельные самородки меди в этом исключительном месторождении содержат свыше 300 *m* чистой меди.

182. Халькозин

Cu_2S

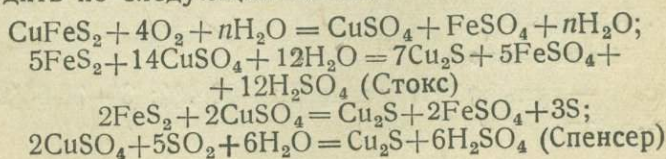
Медный блеск, халькозит

- Х. с. — сульфобазы меди; Cu — 79,8%; S — 20,2%, иногда присутствуют железо и серебро.
 К. с. — ромбическая (для низкотемпературной и кубическая — для высокотемпературной разности).
 О. ф. — кристаллы плоскотабличатые, по общему габитусу приближаются к гексагональной системе (фиг. 129).
 Сп. — неясная.
 Цв. — черный или свинцово-серый.
 Бл. — металлический, иногда тусклый.
 Тв. — 2,5—3.
 Уд. в. — 5,5—5,8.
 Исп. — дает серную печень; на угле сплавляется, вскипает разбрызгивается; окрашивает пламя в зеленый цвет; в HNO_3 растворим; анизотропный, травление HNO_3 , KCN , FeCl_3 , HgCl_2 .

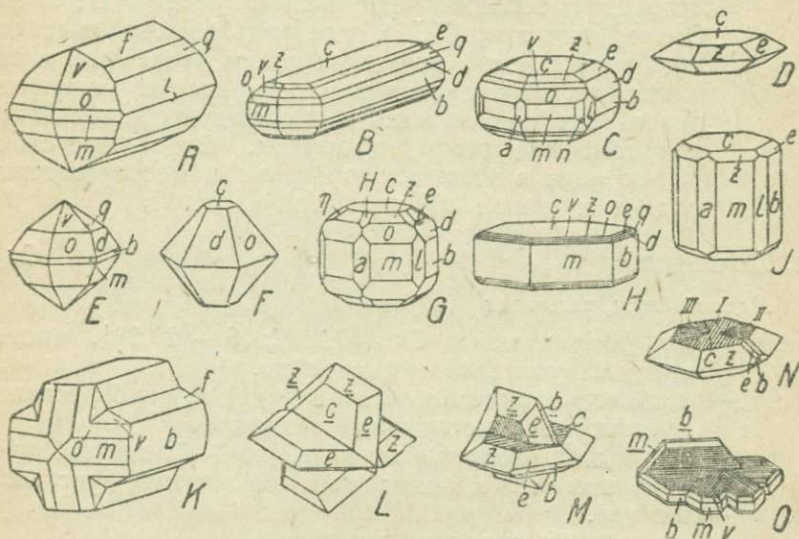
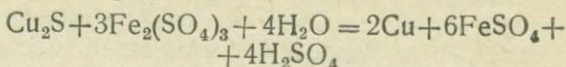
После сплавления и быстрого охлаждения выкристаллизовывается в кубической сингонии.

- Разн. — гарризит со спайностью по (100) рассматривается как псевдоморфоза халькозина по галениту.
 Ген. — обычно вторичный минерал в зоне цементации меднорудных месторождений. В ряде месторождений халькозин доказан как первичный минерал.

Вторичное образование халькозина может проходить по следующим схемам:



Медный купорос получается при окислении медного колчедана. Одновременно с этим образуется и железный купорос. При дальнейшем окислении железного купороса последний переходит в окисный сульфат железа $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$. Окисный сульфат железа, действуя на халькозин, приводит к образованию самородной меди:



Фиг. 129. Кристаллические формы халькозина.

a (100), b (010), c (001), i (052), d (021), q (011), (023), f (012), h (103), m (110), n (230), l (130), o (111), v (112), z (113), η (136). Месторождения: А, В, К — Монте Катини; С — Богемия; D — Бурбон ле Бен; E — Урал; F, G, J, H, L, M — Корнуолл; N, O — Бристоль.

При окислении халькозин изменяется следующим образом: $2\text{Cu}_2\text{S} + 10\text{O} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_6\text{Cu}_4\text{SO}_{10} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (брошантит и серная кислота); $2\text{Cu}_2\text{S} + \text{O} = 2\text{CuS} + \text{Cu}_2\text{O}$ (ковеллин и куприт).

Прим. — богатая медная руда.

Гл. м. — Свердловская обл. — Турьинские и Меднорудянские рудники; Челябинская обл. (Блява); Армянская ССР (Агарак); Казахстан — Коунрад; Узбекистан — Алмалык. США — Бьюти (Монтана), Бисби (Аризона). В мансфельдском медистом сланце (Германия) и др.

Э. н. м. — от греч. халькос — медь.

183. Ковеллин

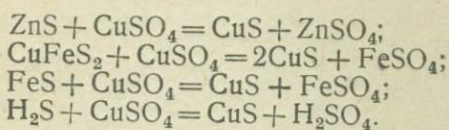
CuS

Медное индиго

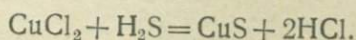
Х. с. — сульфобаза меди; Cu — 66,4%; S — 33,6%.

К. с. — гексагональная.

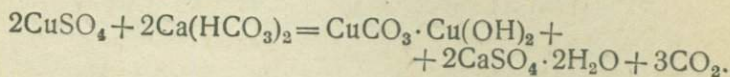
- О. ф. — очень редко встречаются пластинчатые кристаллы; обычно плотные разности, пленки, налеты, псевдоморфозы по другим сульфидам.
- Сп. — по базису совершенная, но в плотных разностях незаметна.
- Цв. — индигово-синий или черный с синеватым оттенком. Цвет черты черный до свинцово-серого.
- Бл. — полуметаллический, до смолистого.
- Тв. — 1,5—2.
- Уд. в. — 4,68.
- Исп. — дает серную печень, в трубке возгон серы, корольек меди.
- Опт. — сильно плеохроичен, анизотропен, синий цвет, травление KCN.
- Ген. — изредка — как продукт возгона, в лавах; обычно — вторичный медный минерал в зоне цементации медных месторождений. Реакции образования могут быть представлены так:



Образование ковеллина в лавах идет по следующей схеме:



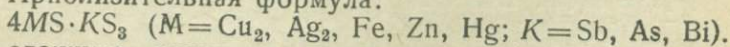
При разрушении дает самородную медь, халькозин, медный купорос. Последний, взаимодействуя с двууглекислой известью, может привести к образованию малахита:



- Прим. — медная руда.
- Гл. м. — там же, где и халькозин. Следует отметить еще месторождения Азербайджанской ССР — Дашкесан и Кедабек.
- Э. н. м. — в честь итальянского минералога Ковелли.

184. Блеклые руды или группа тетраэдрита

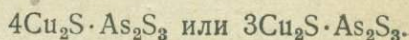
Приблизительная формула:



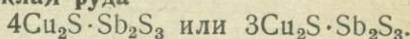
- Х. с. — сложные основные сурьмяные или мышьяковые сульфосоли меди, содержащие примеси серебра, железа, ртути, свинца, висмута, цинка, никеля, кобальта, олова, марганца и других элементов. Всего насчитывается до 35 элементов, входящих в состав блеклых руд в заметных количествах. Вследствие

такого сложного химического состава эти минералы легко подвергаются разнообразным изменениям. Их свежая поверхность покрывается пленками новообразований, „блекнет“, откуда вся группа получила свое общее название. Все они содержат медь и, в зависимости от значения остальных примесей, получают то или иное индивидуальное обозначение. Всего насчитывается около 30 минералов этой группы; из них отметим теннантит и тетраэдрит.

185. Теннантит—мышьяковая блеклая руда

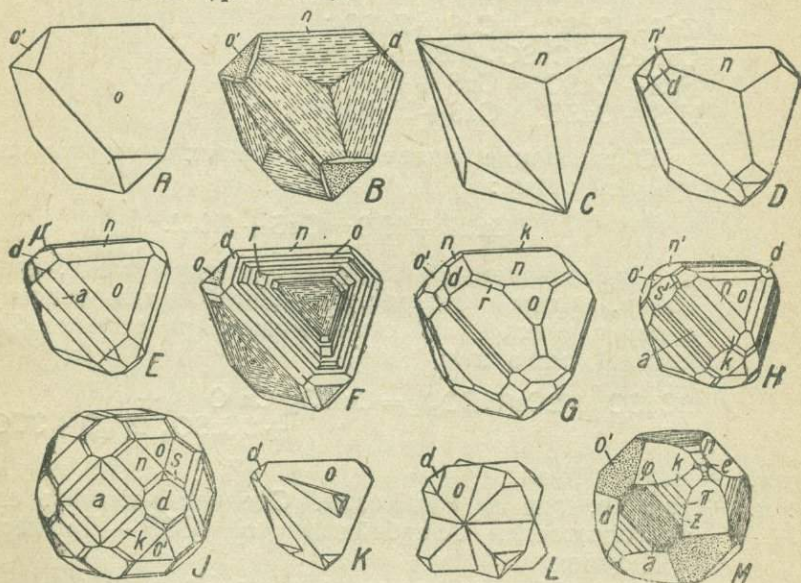


186. Тетраэдрит — сурьмяная блеклая руда



К. с. — кубическая.

О. ф. — тетраэдры, вкрапления зерна, чаще — сплошные массы (фиг. 130).



Фиг. 130. Кристаллические формы тетраэдрита.

a (100), d (110), o (111), o' (11 $\bar{1}$), n (211), n' (21 $\bar{1}$), μ' (31 $\bar{1}$), k (411), k' (41 $\bar{1}$), π (611), φ (911), z (16 · 1 · 4), r (332), e (552), s (321), s' (32 $\bar{1}$). A — комбинация двух тетраэдров, характерная для тетраэдрита; B , F — Ботесберг в Венгрии; G — другая характерная форма для тетраэдрита; D , G — Фрамонт; E — Дилленбург; H — Урбелс; J , M — Бинненталь; K — двойник с двумя кристаллами неравной величины; L — Каппик.

- Сп. — нет.
 Цв. — от стально-серого до зелено-черного.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 3—4.
 Уд. в. — 4,4—5,1.

- Исп. — плавятся, дают реакцию на серную печень, теннантит, дает налет и запах мышьяка, тетраэдрит дает налет сурьмы.
- Ген. — гидротермальные жилы и контакты, в парагенезисе с халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом, кварцем, сидеритом, кальцитом, баритом. При разрушении дают различные сульфиды, сульфаты и карбонаты, мышьяковые, сурьмяные, висмутовые охры.
- Прим. — руда на медь, мышьяк или сурьму.

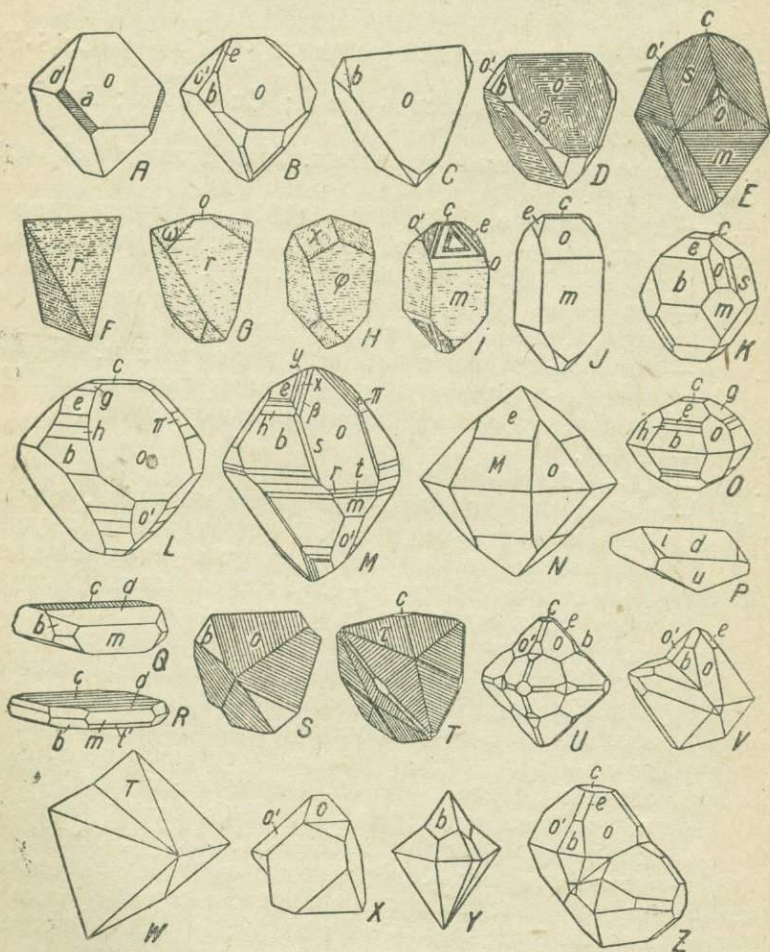
187. Халькопирит или медный колчедан $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$

- Х. с. — железная сульфосоль меди; Cu — 34,56; Fe — 30,52; S — 34,92.
- К. с. — тетрагональный сфеноид, тетрагональный скаленоэдр.
- О. ф. — двойники по (111) и по (101), двойники прорастания; часто сплошной, зернистый, натечный, почковидный, гроздевидный (фиг. 131).
- Сп. — спайность (201) неясная. Хрупок, излом мелкокоралловидный, до неровного.
- Цв. — латунно-желтый с зеленоватым оттенком, часто с золотисто-красноватой и пестрой побежалостью. Черта черная, со слабым зеленоватым оттенком.
- Тв. [— 3,5—4.
- Уд. в. — 4,1—4,3.
- Исп. — похож на золото и серный колчедан, но легко отличим по зеленовато-черной черте и хрупкости от золота; от пирита отличается меньшей твердостью (у пирита тв. 6—6,5). Перед паяльной трубкой темнеет, сплавляется в магнитный королек, в трубке дает возгон серы, образует серную печень; в царской водке легко окисляется с выделением серы; в HNO_3 растворим с выделением серы и образует зеленый раствор, в котором аммиак выделяет гидрат железа и сообщает раствору голубой цвет. В отраженном свете желтый, серовато-желтый. Поверхность блестящая, гладкая. HNO_3 редко вытравляет коричневое пятно; HCl , $FeCl_2$, KOH , $NaOH$, $HgCl$ не действуют; KCN иногда образует побежалость.
- Ген. — широко распространенный медный минерал, в большинстве случаев — первичный; часто в теснейшем сростании с пиритом. Встречается почти во всех месторождениях медных руд, которые могут быть сведены к следующим генетическим типам:

1. Магматические выделения, первичные сегрегации или рассеянные зерна, главным образом халькопирита, и медистого пирита в основных породах. Обычно оруденение этого типа бедное; часто халь-

копирит находится в ассоциации с никелем в пентландите и пирротине.

2. Контактво-метаморфические образования, представленные неправильной или вытянутой формы телами, залегающими на контакте изверженных и осадочных пород, преимущественно известняков. Обычные спутники халькопирита: гранат, эпидот, диопсид, магнетит, пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, молибденит, гематит, редко галенит.



Фиг. 131. Кристаллические формы халькопирита.

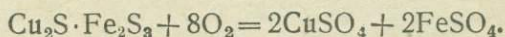
a (100), m (110), c (001), d (114), o (111), o' (111), r (332), t (221), u (441), g (203), e (101), T (605), M (14 · 0 · 11), π (403), h (302), b (201), β (323), χ (212), Y (313), s (513), ω (756), i (3 · 6 · 16), r (312). A, D, Q, R, S — Швеция; B — Альтенкирхен; G — Шотландия; F, G, H, i — кристаллы, показывающие переход от остросфероидного облика к призматическому; F — Честер-пти; J — Пенсильвания; K — Рамберг; L, N — Капник; M — Капелас в Дуранго; P — Еленвилль; T — Корнуолл; U — Фрейберг; V, W, X, Y, Z — двойники.

3. Метасоматические колчеданные залежи. Сюда относится много месторождений, связанных между собой, а отчасти и с предыдущей группой взаимными переходами: колчеданные залежи, линзообразные и пластообразные, залегающие среди осадочных или метаморфических пород или пересекающие их по тектоническим трещинам. Главными рудными минералами здесь являются: пирит, медистый пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, Au; встречаются иногда, как чисто пневматолитовые минералы, — касситерит, флюорит, турмалин и др., так и контактные — эпидот, гранат, диопсид, магнетит. К этому же типу относятся так называемые фальбанды, т. е. полосы вмещающих пород, густо проникнутые сульфидами.

4. „Порфировые медные руды“ („porphyry copper“) — более или менее рассеянная вкрапленность сульфидов (халькопирита, пирита, молибденита и др.) в изверженных породах (граните, гранодиорите и т. п.) и вторичных кварцитах.

5. Широко распространен халькопирит (и другие сульфиды и сульфосоли меди) в типично гидротермальном жильном типе полиметаллических месторождений. Здесь халькопирит тяготеет к высоко-температурным стадиям, и потому содержание его в полиметаллическом комплексе обычно возрастает с глубиной.

Как вторичный минерал, халькопирит встречается в изверженных месторождениях самородной меди. Как глубинный минерал на поверхности халькопирит быстро разрушается, давая начало ряду новых минералов, причем вначале образуются сульфаты меди и железа:



Сульфат меди дает следующие минералы:

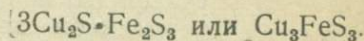
Cu	— самородная медь
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	— халькантит
$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	— брошантит
CuCl	— нантокит
$\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	— атакамит
$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	— малахит
$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	— азурит
$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	— хризоколла
H_2CuSiO_4	— диоптаз
Cu_2O	— куприт
CuO	— тенорит
Cu_2S	— халькозин
CuS	— ковеллин.

Прим. — главная руда на медь.

Гл. м. — в СССР — Свердловская обл. — многочисленные колчеданные залежи восточного склона Урала в полосе метаморфических сланцев (Гороблагодатский, Нижнетагильский, Верхнеисетский районы); контактно-метасоматические месторождения: Турьинские рудники, Гумешевский, Меднорудянский; гидротермальные полиметаллические жилы Благодатного рудника. Челябинская обл. — колчеданы Кыштымского и других районов. Армянская ССР (Аллаверды, Зангезур — гидротермальные жилы, Пирдаудан, Агарак — порфиновые руды с молибденитом); Азербайджанская ССР — Кедабек; Грузинская ССР — Девдорак; Казахстан — Джезказган, Коунрад и др. (см. табл. VIII, фиг. 2 на стр. 328); Красноярский край — Норильское (в низовьях Енисея) ликвационно-магматическое месторождение сульфидов — пентландита, пирротина, халькопирита — в габбро-диабазе. Испания — Рио-Тинто, Гуэльва; Норвегия — Сулительма; США — Бьют, Бисби и др.

Э. н. м. — от греч. халькос — медь и пирит.

188. Борнит



Пестрая медная руда

- Х. с. — основная железная сульфосоль меди; Cu — 55,7%; Fe — 16,3%; S — 28,0%.
- К. с. — кубическая.
- О. ф. — редкие кристаллы в виде кубов, часто двойниковые сростания; обычно сплошной, зернистый, плотный.
- Сп. — по (111) несовершенная, вероятно не спайность, а отдельность по плоскости двойников.
- Цв. — темнобронзовый (томпаковый) с побежалостью.
- Бл. — металлический.
- Тв. — 3,0.
- Уд. в. — 5,0.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится, разлагается азотной кислотой; реакция на медь и на серу. Отличается от халькопирита по цвету, по твердости (у халькопирита тв. 4), по удельному весу (у халькопирита уд. в. 4,2).
- Ген. — иногда как первичный минерал контактовых месторождений, гипо- и мезотермальных жил; нередко в связи с основными породами; в крупных массах встречается гораздо реже халькопирита, но в небольших количествах обычен. Чаще известен как вторичный минерал, образовавшийся за счет разложения пирита, халькопирита, энаргита. Парагенезис общий с халькопиритом.

Прим. — медная руда.

Гл. м. — Карпушиха (Свердловская обл.), Успенский рудник (Казахстан); Армянская ССР (Катар-Каварская группа месторождений). Германия — мансфельдские сланцы; США — Бьют и другие; Рио-Тинто — Испания.

Э. н. м. — назван в честь минералога Игнатия Борна.

189. Куприт

Cu_2O .

Красная медная руда

Х. с. — закись меди; Cu —88,80%; O —11,20%.

К. с. — кубическая.

О. ф. — октаэдры и ромбододекаэдры; зернистый, сплошные массы, землистый.

Сп. — совершенная по октаэдру.

Цв. — красный разных оттенков, цвет черты красный.

Бл. — алмазный (у яснокристаллических разновидей).

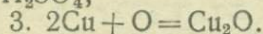
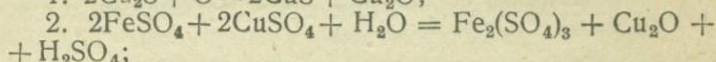
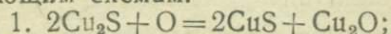
Тв. — 3,5—4.

Уд. в. — 5,8—6,15.

Исп. — при прокаливании окрашивает пламя в зеленый цвет, на угле восстанавливается до меди; с плавнями дает реакцию на медь, растворяется в кислотах.

Разн. — плотные разности называются красной рудой, волосистые или сетчатые разности — медными цветами или халькотрихитом; землистые — кирпичной рудой.

Ген. — образуется в зоне окисления медных руд по следующим схемам:



Нередки прорастания самородной меди купритом. Обычно в ассоциации с ним встречаются малахит, азурит, хризоколла, самородная медь, гидраты железа, остатки неокислившихся сульфидов меди.

Прим. — хорошая руда на медь.

Гл. м. — Свердловская обл. — Гумешевский, Турьинский и другие медные рудники; Алтайский край — Змеиногорский и другие рудники; в США — Бисби (Аризона) и др.

Э. н. м. — по химическому составу.

190. Тенорит

CuO

Х. с. — окись меди; Cu —79,850%; O —20,150%.

К. с. — триклинная.

О. ф. — мелкие сдвойникованные псевдомоноклинные чешуйки, также аморфные, пылевидные разности (мелаконит).

Тв. — 3.

Уд. в. — 6,25 для плотной разности.

- Исп. — неплавкий, растворим в кислотах, дает отчетливую реакцию на медь.
- Разн. — зернистый тенорит называется мелаконитом.
- Ген. — зона окисления медных руд. Возгоны вулканов. Мелаконит встречается чаще, чем тенорит; и оба реже, чем куприт.
- Гл. м. — Нижний Тагил (Свердловская обл.): США — Бисби, Калюмет и др.
- Э. н. м. — тенорит — в честь президента Неаполитанской академии Тенора; мелаконит — от греч. — черный порошок.

191. Нантоцит



Кубической системы, в большинстве случаев сплошные сероватые скопления:

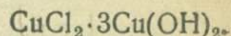
Тв. — 2.

Уд. в. — 5,6—5,9.

Вторичный минерал, образующийся в пустынных местностях.

Месторождение Нантоко в Чили.

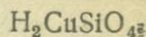
192. Атакамит



Ремолинит

- Х. с. — основная хлорная медь; CuO — 55,8%; H_2O — 12,7%; Cu — 14,9%; Cl — 16,6%.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — мелкие призматические кристаллы, сплошные, пластинчатые, волокнистые, зернистые, плотные массы, псевдоморфозы.
- Цв. — яркий, темнозеленый до черновато-зеленого, черта яблочно-зеленая.
- Бл. — стеклянный до алмазного; просвечивает.
- Тв. — 3—3,5.
- Уд. в. — 3,76.
- Исп. — окрашивает пламя в синий цвет, выделяет воду в трубочке, дает реакцию на медь, легко растворим в кислотах. Растворим в воде (отличие от нантокита).
- Ген. — вторичный минерал, образуется в зоне окисления.
- Гл. м. — Свердловская обл. (Турьинское, Меднорудянский месторождения); Туркменская ССР (о. Челекен); Алтайский край (Локтевский рудник) и др. Чили (Атакама).
- Э. н. м. — по местности.

193. Диоптаз



Аширит или медный изумруд

- Х. с. — кислая кремнекислая соль меди; CuO — 50,4%; SiO_2 — 38,2%; H_2O — 11,4%.

- К. с. — гексагональная — ромбоэдрический.
 О. ф. — короткие призмы в комбинации с ромбоэдром, иногда массивный.
 Цв. — изумрудно-зеленый.
 Бл. — стеклянный.
 Сп. — совершенная по ромбоэдру.
 Тв. — 5.
 Уд. в. — 3,2—3,3.
 Исп. — реакция на медь; с HCl желатинирует.
 $No = 1,644 - 1,658$; $Ne = 1,697 - 1,709$.
 Ген. — вторичный минерал в зоне окисления медных руд.
 Гл. м. — Алтын-тюбе (Казахстан) — друзы кристаллов на кварце в известняке; в США — Моренси (Аризона), Катанга — (Бельгийское Конго).
 Прим. — прозрачные разности — ювелирный камень.
 Э. н. м. — от греч. диа — через и оптомай — смотреть. Назван так благодаря прозрачности кристаллов. Аширит назван в честь Аширбая — бухарского купца, жившего в Семипалатинске, доставившего образцы в 1785 г.

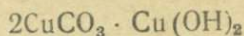
194. Хризоколла $CuH_2SiO_4 \cdot H_2O$ или $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$.

- Х. с. — водная кремнистая соль меди; $CuO - 45,2\%$; $SiO_2 - 34,3\%$; $H_2O - 20,5\%$.
 К. с. — ромбическая (?), скрытокристаллическая, коллоидальная.
 О. ф. — очень тонкие волокна, подобные халцедону; обычно натечные массы с раковистым изломом.
 Цв. — синевато-зеленый, напоминающий бирюзу.
 Бл. — стеклянный до тусклого.
 Тв. — 2—4.
 Уд. в. — 2—2,24.
 О. с. — $No = 1,46$; $Ne = 1,57$. Оптические свойства непостоянны.
 Исп. — в закрытой трубке выделяет воду; разлагается кислотами без вскипания, в отличие от малахита; дает отчетливую реакцию на медь и кремнезем.
 Ген. — аналогичный диоптазу.
 Прим. — медная руда, если находится в большом количестве.
 Разн. — к хризоколе близки асперолит ($CuSiO_3 \cdot 3H_2O$) и демидовит (содержит фосфор).
 Гл. м. — Свердловская обл. (Турьинские, Богословские, Нижнетагильские и другие медные рудники). Хризоколовые минералы встречаются почти во всех медных месторождениях, связанных с изверженными породами. США — Невада (в одном из рудников имеется хризоколла со значительным содержанием золота).
 Э. н. м. — от греч. хрюзос — золото, колла — клей. Хризоколла употреблялась древними греками для паяния золота.

Медная зелень

- Х. с. — основная углекислая соль меди; Cu — 57,40%; CuO — 71,90%; CO_2 — 19,90%; H_2O — 8,20%.
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — очень редко в мелких вытянутых, игольчатых, волокнистых кристаллах; обычно — массивный, почковидный, сталактитообразный, землистый; в виде налетов и корочек.
- Цв. — яркозеленый до бледнозеленого; черта более бледная, чем цвет минерала.
- Бл. — шелковистый у плотных разностей; от алмазного до стекловатого у кристаллических разностей; землистые скопления тусклы.
- Тв. — 3,5—4.
- Уд. в. — 3,9—4,1.
- О. с. — $Nm = 1,875$; $Ng - Np = 0,254$; — $2V = 43^\circ$.
- Исп. — растворим в кислотах с вскипанием, окрашивает пламя в зеленый цвет; нагретый в закрытой трубке выделяет воду и чернеет. Дает реакцию на медь.
- Ген. — образуется в результате распада на поверхности сульфидов меди, которые сначала дают сульфаты; в дальнейшем главная роль принадлежит углекислоте, переводящей сульфаты в карбонаты. Можно представлять себе также образование малахита в верхних частях зоны окисления медных руд в присутствии известняков, по схеме:
- $$2\text{CuSO}_4 + 2\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{CaSO}_4 + \text{CO}_2$$
- Сульфат меди, получающийся при окислении медных сульфидов, действует на кальцит известняка в присутствии воды; в результате обменных реакций получают малахит, гидрат окиси железа и сернокислый кальций; последний растворяется в воде и выносится из данной системы; на месте остаются гидраты железа и малахит (медная зелень).
- Прим. — хорошая зеленая медная краска; плотные разности употребляются как ценный поделочный камень (облицовка колонн, изготовление шкатулок, мелких галантерейных вещиц). Малахит является также хорошей медной рудой.
- Гл. м. — большие глыбы (до 200 т) малахита были найдены в Свердловской обл. в Гумешевском руднике, также в южной части Меднорудянского рудника. Бельгийское Конго (Катанга); юго-западная Африка (Тзу-меб).
- Э. н. м. — греч. малахэ — болотная мальва — проскурняк, зеленого цвета.

196. Азурит



Шессилит

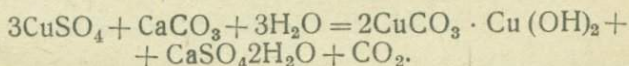
Медная лазурь, медная синь

- Х. с. — основная углекислая соль меди; CuO — 69,2%; CO_2 — 25,6%; H_2O — 5,2%.
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — призмы; массивный и зернистый.
- Цв. — темносиний, черта голубая.
- Бл. — от алмазного до стеклянного, землистые разности тусклые.
- Тв. — 3,5—4,25.
- Уд. в. — 3,5—3,8.
- О. с. — $Nm = 1,758$; $Ng - Np = 0,108$; $2V = +68^\circ$.
- Исп. — аналогичные малахиту, отличие в синем цвете и в количестве входящих компонентов.

Оптически азурит отличается от малахита углом оптических осей, показателями преломления и плеохроизмом:

Азурит	Малахит
+2V = 68	-2V = 43
$Ng - Np = 0,108$	$Ng - Np = 0,254$
$Nm = 1,758$	$Nm = 1,875$
x — голубой	x — почти бесцветный
y — голубой	y — желтовато-зеленый
z — темнолазурный	z — темнозеленый

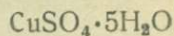
- Ген. — образуется в условиях, аналогичных малахиту при действии углекислых вод на сульфаты меди, а также по схеме:



Азурит неустойчив и переходит в малахит.

- Прим. — медная руда, голубая краска.
- Гл. м. — Алтайский край — рудники: Белоусовский, Зыряновский, Золотушинский, Риддерский и др. Австралия — Брокен Хилл.
- Э. н. м. — по окраске минерала.

197. Халькантит

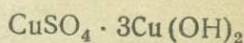


Медный купорос

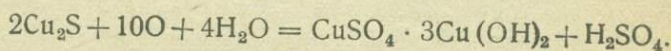
- Х. с. — CuO — 31—8%; SO_3 — 32,1%; H_2O — 36,1%.
- К. с. — триклинная.
- О. ф. — в сплюснутых кристаллах; также в виде волокнистых и плотных масс, сталактитов и корок.
- Цв. — синий, небесно-голубой, иногда зеленоватый; черта бесцветная.
- Бл. — стеклянный. Просвечивающий до прозрачного.
- Тв. — 2,5.

- Уд. в. — 2,12—2,3.
 О. с. — $Nm = 1,539$; $Ng - Np = 0,030$; $2V = -56$.
 Исп. — противного металлического вкуса; в закрытой трубке дает воду; растворим в воде, образует серную пену; с содой на угле дает королек меди.
 Ген. — образуется при окислении сернистых соединений меди (см. выше).
 Гл. м. — встречается во многих медных месторождениях.
 Э. н. м. — от греч. халькос — медь.

198. Брошантит



- Х. с. — основной сульфат меди; $\text{CuO} - 70,3\%$; $\text{SO}_3 - 17,7\%$; $\text{H}_2\text{O} - 12,0\%$.
 К. с. — ромбическая.
 О. ф. — игольчатые кристаллы.
 Цв. — изумрудно-зеленый, черновато-зеленый.
 Тв. — 3,5—4.
 Уд. в. — 3,9.
 О. с. — $Nm = 1,771$; $Ng - Np = 0,075$; $-2V = 72$.
 Исп. — вода выделяется при высокой температуре. Остальные определения аналогичны халькантиту.
 Ген. — образуется при окислении сернистых соединений меди.



- Гл. м. — Свердловская обл. — Гумешевский рудник, Нижний Тагил; Челябинская обл. — Бакал и др.; Казахстан — Джекказган; Узбекистан — Алмалык и др.
 Э. н. м. — в честь проф. Брошан.

КОБАЛЬТОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Кобальт (Co) элемент VIII группы, в своих соединениях обычно бывает двух- и трехвалентным, аналог Fe и Ni, атомный вес 58,97; порядковый номер 27. Радиус атома 1,26 Å, радиус иона +0,82 Å. Кларк $9 \cdot 10^{-4}$.

Удельный вес 8,83, тв. 5,5; ковкий и тягучий, плавится около 1490°. Серовато-белого цвета.

Кобальтом или кобальдом назывался в Скандинавии злой горный дух; позднее это название как бранное слово стали употреблять горнорабочие для казавшегося бесполезным минерала, содержащего кобальт. В 1735 г. Брандт открыл в нем элемент, названный кобальтом. Соединения кобальта, из которых получалась синяя краска для эмали, стекла и керамики, были известны еще в древнем Египте.

Кобальтовые минералы дают характерные реакции в перлебуры: в окислительном пламени — синий, в восстановительном пламени (лучше при прибавлении кусочка олова) — синий перл. Углекислый аммоний дает розовый осадок, раствори-

мый в избытке реактива, который делается при этом красно-фиолетовым. К уксусной кислоте прибавляют нитрит калия, который осаждает весь кобальт в виде $2K_2CO(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$.

Закись кобальта CoO растворима в кислотах; гидрат закиси $Co(OH)_2$ не растворим в воде, растворим в кислотах и в избытке щелочей. CoS не растворим в воде, но растворяется в концентрированной HNO_3 и в царской водке; при окислении переходит в $CoSO_4$. Хлориды, нитраты и сульфаты закиси кобальта легко растворяются в воде; $CoCO_3$ не растворим в воде, но растворяется в кислотах; $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ не растворим в воде. Окись кобальта Co_2O_3 легко образует комплексные соли. Кобальт дает также с кислородом закись — окись Co_3O_4 .

Техническое применение кобальта значительное; он применяется в сплавах с вольфрамом и хромом для быстрорежущей стали (стеллита), предохраняет металлы от коррозии, усиливает магнитные свойства железа; соли кобальта применяются в изготвлении масляных, акварельных, керамических красок, а также красок для стекла и эмалей.

По акад. В. И. Вернадскому, кобальт относится к двум изоморфным рядам: с одной стороны, — к девятому ($Mg, Mn, Fe, Zn, Cd, Cu, Ni, Co$), с другой — к пятнадцатому ряду (Co, Fe, Ni). В метеорном железе, а также в самородном железе ультраосновных пород кобальт относится к пятнадцатому ряду; в основных и ультраосновных породах — к девятому ряду; здесь он находится в рассеянном виде в ортосиликатах магния и железа. В коре выветривания, при разрушении оливиновых пород, кобальт концентрируется в минерале асболане.

Главнейшие собственно кобальтовые минералы концентрируются в мезотермальных жилах — в ассоциации с никелем или без него, в арсенопиритах и пирротинах и в продуктах их окисления.

По акад. А. Е. Ферсману, всего имеется 35 минералов, содержащих кобальт, из них: сульфидов 12, преимущественно мышьяковых соединений, окислов 8, карбонатов 3, арсенатов и фосфатов 8, роданатов 1, силикатов 1, сульфатов и селенатов 3.

Из них отметим следующие минералы:

Самородный Co
Смальтин } $CoAs_2$
Сафлорит }
Моддерит $CoAs$
Кобальтин $CoAsS$
Глауколот (данайт) $(Co, Fe) AsS$
Линнеит $CoS \cdot Co_2S_3$
Кобальт-пирит $(Fe, Co) S_2$
Скуттерудит $CoAs_3$
Бисмута-смальтин $Co(As, Bi)_3$
Асболан $nCoO \cdot mMn \cdot nO_2 \cdot pH_2O$
Трансваалит $Co_3O_3 \cdot H_2O$
Гетероганит $CoO \cdot 2CO_2O_3 \cdot 6H_2O$

Сферокобальтит CoCO_3
 Кобальтовый кальцит $(\text{Ca}, \text{Co})\text{CO}_3$
 Эритрин $\text{Co}_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Розелит $(\text{Ca}, \text{Co}, \text{Mg})_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Жюльенит $\text{Na}_2\text{Co}(\text{SCN})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 Биберит $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
 Кобальт-халъкантит $\text{CoSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Главнейшие кобальтовые минералы образуются в следующих типах месторождений:

1. В основных изверженных породах, вместе с никелем, платиной и медью.

2. В пневматолитах, в связи со средними изверженными породами, вместе с медью и молибденом.

3. В гидротермальных жилах в виде сернистых соединений (наиболее распространенный тип) совместно с серебром, свинцом, ураном, висмутом, медью, мышьяком и сурьмой.

4. В коре выветривания основных пород при окислении и выщелачивании первичных сернистых и мышьяковистых минералов и парагенезисе с никелем.

В первых трех типах месторождений кобальт встречается в виде сульфидов, мышьяковистого и сернистого соединений; при окислении их в коре выветривания в конце концов кобальт концентрируется в минерале асболане совместно с гидратами железа, силикатами никеля и окислами марганца.

Из всех вышеуказанных кобальтовых минералов будут подробно рассмотрены только: глаукодот, смальтин, кобальтин и асболан, как минералы, входящие в главные кобальтовые руды, и эритрин, являющийся индикатором на кобальт.

199. Глаукодот

$(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$

Кобальто-мышьяковистый колчедан, данаит

Х. с. — изоморфная смесь сульфоарсенидов кобальта и железа; содержание кобальта колеблется от 4 до 27%; разности, бедные кобальтом, называются кобальтовым арсенипитом или данаитом.

К. с. — ромбическая.

О. ф. — общий вид кристаллов напоминает мышьяковый колчедан, кристаллы часто вытянуты по вертикальной оси; часто имеются двойники; встречается также в плотных сплошных массах.

Сп. — ясная.

Цв. — оловянно-белый с сероватым или красноватым оттенком.

Бл. — металлический.

Тв. — 5.

Уд. в. — 5,90—6,01.

Исп. — на угле сплавляется в магнитный королек; дает реакцию на кобальт, мышьяк, серу и железо.

Ген. — образуется вместе с кобальтовым блеском (часто во взаимном сростании) в мезотермальных жилах и на

контактах; парагенезис — серебряные сульфосоли, арсенопирит, золото, пирротин, пирит, халькопирит, кварц и др.

Прим. — руда на кобальт.

Гл. м. — Акджилга (Киргизия); Кобальт-Сити (Канада) и др.

Э. н. м. — от греч. глаукос — синий (употребляется для приготовления синей краски).

200. Смальтин

CoAs_2

Шмальтин или шпейсовый кобальт

Х. с. — изоморфная смесь Co , Fe , Ni с частичным замещением мышьяка серой.

К. с. — кубическая.

О. ф. — октаэдры, кубы и ромбододекаэдры; обычно встречается в массивном виде.

Цв. — оловянно-белый или стально-серый с слегка розоватым оттенком; черта серовато-черная.

Бл. — металлический.

Тв. — 5—5,6.

Уд. в. — 5,7—6,8.

Исп. — нагретый в закрытой трубке дает возгон металлического мышьяка, а в открытой трубке дает возгон окисного мышьяка. При прокаливании на угле выделяет характерный запах мышьяка; после обжига в перле буры дает реакцию на кобальт. На поверхности минерала часто наблюдается налет эритрина.

Разн. — сафлорит — ромбическая разность.

Ген. — мезотермальные жилы. Парагенезис: сернистые минералы серебра, никеля и меди. При выветривании переходит в эритрин.

Прим. — руда на кобальт.

Гл. м. — Азербайджанская ССР — Дашкесанское контактное магнетитовое месторождение; гнезда кобальтовой руды в актинолитовом скарне. Норвегия — кобальтовые фальбанды Скуттеруда и Снарума; Кобальт-Сити в Канаде.

201. Кобальтин

CoAsS

Кобальтовый блеск

Х. с. — Co — 35,41%; As — 45,26%; S — 19,33%.

К. с. — кубическая.

О. ф. — кубы или комбинации пентагондодэкаэдра и октаэдра; обычно — в зернистых или плотных скоплениях.

Цв. — оловянно-белый с красноватым оттенком, стально-серый, серовато-черный.

Бл. — металлический.

Тв. — 5,5.

Уд. в. — 6—6,3.

Исп. — при прокаливании на угле издает запах мышьяка и образует налет мышьяка; с содой дает серную печень; после обжига в перле буры дает реакцию на кобальт. Разлагается азотной кислотой.

Прим. — руда на кобальт.

Ген. — известны следующие типы месторождений этого минерала:

1. Основные магматические породы (совместно с никелем, платиной и медью).

2. Пневматолиты, в связи со средними породами.

3. Контакты изверженных пород с известняками, обычно в магнетитовых месторождениях.

4. Мезотермальные жилы, — совместно с минералами серебра, свинца, висмута, меди и урана.

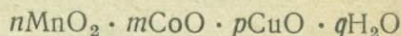
При выветривании кобальтин переходит в эритрин, розелит, сферокобальтин, биберит и асболан.

Прим. — руда на кобальт.

Гл. м. — Дашкесан (Азербайджан), Туранглы (Таджикистан); Кобальт-Сити в Онтарио (Канада); Скуттеруд и Снарум (Норвегия).

Э. н. м. — по химическому составу.

202. Асболан



Черный землистый кобальт (кобальтовый вад)

Х. с. — коллоидальный неопределенного состава минерал с содержанием CoO до 40%.

О. ф. — аморфные землистые массы, часто в виде блестящих или сажистых натеков и пылевидных скоплений.

Цв. — черный и синеvато-черный.

Тв. — 1; марает руки.

Исп. — реакция с бурой на кобальт, в трубке дает воду.

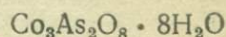
Ген. — образуется в зоне выветривания кобальтовых руд.

Прим. — руда на кобальт.

Гл. м. — Чкаловская обл. — Орско-Халиловский район; месторождения Айдарбак, Аккермановское, Айдырлинское и др. — Казахская ССР в Актюбинской обл. — Кемпырсайское, Батомшинское и др. Вероятно, месторождений асболана значительно больше, чем известно до настоящего времени, но его обычно принимают за пиролюзит (вад).

Э. н. м. — дано по внешнему виду от гр. асбола — сажа.

203. Эритрин



Кобальтовые цветы

Х. с. — CoO — 37,5%; As_2O_5 — 38,4%; H_2O — 24,1%.

К. с. — моноклинная.

О. ф. — редко встречаются мелкие призматические кристаллы, обычно образует землистые массы, корки и натеки.

- Сп. — совершенная по (010).
- Цв. — малиновый, персиково-красный, розовый с малиновым оттенком, иногда по цвету напоминает раздавленную ежевику; серый.
- Бл. — на спайных плоскостях перламутровый, на других алмазный или зеркальный, обычно же блеска не бывает.
- Тв. — 1,5—2,5.
- Уд. в. — 2,95.
- О. с. — $Nm = 1,663$; $Ng - Np = 0,073$; $2V = \pm 90$.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится, окрашивает пламя в светлоголубой цвет и издает запах мышьяка; при слабом нагревании в закрытой трубке выделяет воду и синее; при более сильном нагревании дает возгон As. После обжига в перле буры дает реакцию на кобальт. При растворении в соляной кислоте образует розовый раствор.
- Прим. — при поисковых работах привлекает внимание своим цветом, служа указанием на присутствие кобальтовых руд.
- Гл. в. — Дашкесан (Азербайджан), Беркут и Акджилга (Киргизия), Туранглы (Таджикистан) и др.
- Э. н. м. — от греч. эритрос — красный.

ВИСМУТОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Висмут (Bi) — элемент пятой группы, в большинстве случаев встречается в трехвалентной форме.

Атомный вес 209,60; порядковый номер 83. Радиус атома $1,82 \text{ \AA}$. Кларк $8 \cdot 10^{-7}$.

Уд. в. 9,80, температура плавления $271,0^\circ$.

Висмут был известен алхимику Василию Валентину. Химически висмут — близкий аналог сурьмы и мышьяка.

В воде растворим хлористый, бромистый, фтористый, азотнокислый и сернокислый висмут; гидраты, иодистый, сернистый, хромистый, углекислый, фосфорно- и мышьяково-кислый висмут — в воде не растворимы.

Известны окись висмута Bi_2O_3 и сульфид висмута Bi_2S_3 ; пятиокись встречается реже.

Висмут применяется для приготовления легкоплавких сплавов, как металл для подшипников; соли висмута — для увеличения показателя преломления стекла, для цветных глазурей, в медицине, для химических реактивов.

Висмут изоморфно может замещаться сурьмой и мышьяком.

Главная масса висмута концентрируется в виде сернистых, селенистых и теллуристых соединений в пневматолитах, типе- и мезотермальных жилах, реже встречается на контактах.

В зоне окисления образуются кислородные и углекислые соединения висмута.

Главнейшие минералы висмута:

Самородный висмут Bi
Бисмутаурит (Au, Bi)
Чиленит (Ag, Bi)
Висмутовый блеск Bi_2S_3
Гуанахуатит Bi_2Se_3
Тетрадимит $Bi_2(Te, S)_3$
Теллуробисмутит Bi_2Te_3
Грюнлингит Bi_4TeS_3
Эмплектит $Cu_2S \cdot Bi_2S_3$
Виттихенит $3Cu_2S \cdot Bi_2S_3$
Айкиннит $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Bi_2S_3$
Лиллианит $3PbS \cdot Bi_2S_3$
Канницарит $PbS \cdot 2Bi_2S_3$
Бисмит Bi_2O_3
Бисмутосферит $Bi_2(CO_3)_3 \cdot 2Bi_2O_3$
Бисмутит $Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$
Базобисмутит $2Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$

Из этого списка рассмотрим бисмутинит или висмутовый блеск, айкиннит, висмутит и висмутовую охру или бисмит.

204. Висмутовый блеск

Bi_2S_3

Висмутин или бисмутинит

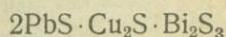
- Х. с. — сульфид висмута; Bi—81,2%; S—18,8%.
К. с. — ромбическая.
О. ф. — кристаллы обычно шестоватые, пластинчатые, вытянутые по вертикальной оси, имеют вертикальную штриховку. Иногда образует зернистые, листоватые и плотные агрегаты.
Сп. — совершенная по (010).
Цв. — и черта стально-серые с желтоватым оттенком, иногда оловянно-белый со слабым красноватым оттенком.
Бл. — металлический.
О. с. — при соприкосновении с медью обнаруживает отрицательное термоэлектричество.
Тв. — 2, режется ножом.
Уд. в. — 6,4—6,5.
Исп. — в пламени паяльной трубки легко плавится; в восстановительном пламени дает королек висмута, образует серную печень, дает налет окиси висмута. В горячей HNO_3 легко растворяется; при разбавлении раствора водой выпадает белый осадок.
Опт. — анизотропный; полированный шлиф протравляется HNO_3 , HCl , $HgCl_2$.
Ген. и параген. — встречается в низах мезотермальных и гипотермальных жил, так же как пневматолитовый и контактный минерал — в связи с кислыми интрузивными породами. Спутники: самородный висмут, молибде-

нит, вольфрамит, касситерит, арсенопирит, халькопирит, золото, топаз, берилл, турмалин, кварц и др.

Искусственно получается при взаимодействии H_2S с парами Bi_2Cl_6 .

- Изм. — в коре выветривания неустойчив, переходит в висмутовые охры (землистые окислы висмута), бисмуто-сферит, базобисмутит, гидробисмутит и пр.
- Разн. — стибиобисмутинит — содержащий сурьму, ауробисмутинит — золотосодержащий висмутовый блеск.
- Прим. — главная руда на висмут. Мировая добыча висмута выражается в нескольких сотнях тонн металла в год.
- Гл. м. — в СССР — пневматолиты Шерловой Горы (Бурято-Монгольская АССР) с вольфрамитом, арсенопиритом, драгоценными камнями; Букука, Белуха; Казахстан — Бричмулла (Устара-сай); Таджикистан — район Адрасмана; на Кавказе — Сангутидон. За границей наиболее интересные месторождения: Тасна в Боливии; трубчатые жилы в Новом Южном Уэльсе, Квинсленде (Австралия); Рудные горы (Германия).
- Э. н. м. — название по содержанию висмута.

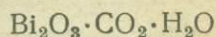
205. Айкинит



Патринит, игольчатая руда

- Х. с. — висмутовая сульфосолеь меди и свинца; Bi — 36,1%
 Pb — 36,02%; Cu — 11,03%; S — 16,74%.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — длинные тонкие, иштрихованные призматические кристаллы, также сплошные агрегаты.
- Сп. — заметная.
- Цв. — от черновато-свинцово-серого до стально-серого.
- Бл. — металлический.
- Тв. — 2,5.
- Уд. в. — 6,7.
- Исп. — легко плавится, дает металлический королек; при прокаливании дает налеты висмута и свинца; в HNO_3 разлагается с выделением $PbSO_4$ и S .
- Ген. — в термальных кварцевых жилах, в парагенезисе с золотом, галенитом, блеклой рудой и др.
- Гл. м. — золоторудное Березовское месторождение на Урале.
- Э. н. м. — в честь английского ученого Айкина.

206. Висмутит — бисмутит



- Х. с. — основная углекислая соль висмута; Bi_2O_3 — до 90%.
- О. ф. — волокнистые корочки; землистый, порошковатый.
- Цв. — белый, серый, желтоватый, зеленый.
- Бл. — тусклый.
- Тв. — 4.

Уд. в. — 7.

Ген. — образуется при окислении висмутового блеска и самородного висмута в присутствии воды и углекислоты в зоне окисления.

Гл. м. — Шерловая гора (Бурято-Монгольская АССР); Адрасман в Таджикистане, Елисеевка, Днепрпетровская обл. — УССР.

Э. н. м. — исходя из химического состава. Его лучше называть висмутит, так как по-русски говорят висмут, а не бисмут.

206. Бисмит



Висмутовая охра

Х. с. — окись висмута; Bi —89,6%; O —10,4%¹.

К. с. — гексагональная — тригональная.

О. ф. — землистые скопления

Цв. — желтый.

Тв. — около 1.

Уд. в. — 4,36.

Исп. — легко плавится, на угле восстанавливается до металла; в HCl растворяется; одноосный, отрицательный; $N_0=2,00$; $N_e=1,82$; $N_0-N_e=0,18$.

Ген. — образуется при окислении других висмутовых минералов.

Прим. — нахождение висмутовой охры указывает на присутствие первичных висмутовых минералов (поисковый признак).

МОЛИБДЕНОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Молибден (Mo) — элемент шестой группы, обычно четырех- и шестивалентный.

Атомный вес 96,0; порядковый номер 42; изотопы 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100.

Радиус атома 1,40 Å, радиус четырехвалентного иона 0,68 Å. Кларк $2 \cdot 10^{-4}$.

Уд. в. 10,02—10,32; температура плавления 2570°.

Молибден открыт Гиельмом в 1783 г.

Молибден дает следующие окислы: MoO , Mo_2O_3 , MoO_2 , Mo_2O_5 и MoO_3 . Последний образует с водой молибденовую кислоту H_2MoO_4 , соли которой представляют вторичные минералы. Из сульфидов молибдена MoS_2 , MoS_3 и MoS_4 наиболее устойчивым является MoS_2 — молибденит, представляющий главную руду на молибден.

Молибден применяется главным образом в специальных сплавах с железом, в красочном деле и в качестве реактива на фосфор.

¹ Минерал плохо изучен. Указываются разности, содержащие воду.

Главная масса молибдена концентрируется в пегматитах и пневматолитах, также на контактах и отчасти в гипотермальных выделениях в виде молибденита MoS_2 ; значительно меньшая часть — во вторичном минерале — повеллите.

К минералам молибдена относятся:

Молибденит MoS_2

Колюзит (колусит) $(\text{Cu, Fe, Sn, Zn, Mo})_4 (\text{S, Te, As, Sb})_3$

Молибдит MoO_3

Молибденовая охра $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ } желтые минералы, указывающие на присутствие молибденита

Повеллит CaMoO_4

Вульфенит PbMoO_4

Патераит CoMoO_4

Чиллагит $3\text{PbWO}_4 \cdot \text{PbMoO}_4$

Ильземаннит $\text{MoO}_3 \cdot 4\text{MoO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Кёхлинит $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{MoO}_3$

Линдгрениит $2\text{CuMoO}_4 \cdot \text{Cu} (\text{OH})_2$

Ураномолибдит $\text{UO}_2 \cdot \text{UO}_3 \cdot 2\text{MoO}_3$

Ахрематит $3 [3\text{Pb}_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot \text{PbCl}_2] \cdot 4 [\text{PbMoO}_4 \cdot \text{PbO}]$

Кроме приведенных собственно молибденовых минералов, молибден иногда находится в содалитах, где содержание MoO_3 иногда достигает 3%. В рассеянном состоянии молибден известен в антимоните, галените, пирротине, пирите, халькопирите. Молибден изоморфен только вольфраму в коре выветривания, в остальных зонах изоморфизм молибдена не изучен.

Из приведенного списка минералов будут рассмотрены молибденит, повеллит, вульфенит и молибдит.

207. Молибденовый блеск

MoS_2

Молибденит

- Х. с. — сульфид молибдена; Mo — 60,0%; S — 40,0%.
 К. с. — гексагональная.
 О. ф. — табличатые кристаллы, горизонтально исштрихованные, чешуйки гексагонального габитуса, или плотные массы.
 Сп. — совершенная по пинакоиду.
 Цв. — от стально-белого до свинцово-серого (очень напоминает кристаллический графит); черта на бисквите серая с трудно уловимым зеленоватым оттенком.
 Бл. — металлический.
 О. с. — мягкие, гибкие, но неэластичные чешуйки; марок, пишет подобно графиту.
 Тв. — 1—1,5.
 Уд. в. — 4,7—4,8.
 Исп. — дает серную печень, окрашивает пламя в желтый цвет с зеленым оттенком; дает белый налет, который в восстановительном пламени (при быстрой обработке) переходит в низшие окислы бархатно-синего

цвета. В HNO_3 разлагается, при нагревании растворим в царской водке.

Ген. — встречается в пегматитовых жилах, кварцевых, пневматолитах, гипотермальных жилах и в контактных зонах. Спутники — касситерит, вольфрамит, шеелит, висмутовый блеск, пирит, арсенопирит, халькопирит и др.

В результате выветривания молибденита образуются желтые молибденовые охры — MoO_3 . При действии на молибденит растворов, содержащих те или иные катионы, он переходит в кислородной среде в повеллит и вульфенит; присутствие этих минералов в верхах термальных жил указывает на молибденовый блеск в их нижних частях.

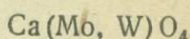
Прим. — служит главной молибденовой рудой.

Гл. м. — Читинская обл. — Гутайское месторождение на р. Чикой — в жилах с кварцем; Амурская обл. (Умалта); Северный Кавказ — Тырнауз (см. табл. X, фиг. 2 на стр. 377); Закавказье — месторождение Кароби; Узбекистан — Лянгар и др. Наиболее крупное месторождение Северной Америки — Клеймакс близ г. Ледвила в Колорадо. Известны месторождения в Южной Америке, Австралии. В Индии большая часть месторождений молибдена в Бурме в ассоциации с вольфрамитом, шеелитом, касситеритом.

Э. н. м. — от греч. молюбдос — свинец. Под этим названием древние греки подразумевали не только свинец, но и графит и молибденит. Горцы Средней Азии молибденит принимают за графит, называя его „серьма“.

Сначала стали отличать свинец от последних двух веществ, и только в 1778 г. Шееле установил различие между графитом и молибденитом.

209. Повеллит



Х. с. — молибденовоокислый кальций; MoO_3 — 72,0%; CaO — 28,0%; с примесью вольфрамата кальция.

К. с. — тетрагональная.

О. ф. — пластинчатые и чешуйчатые формы, редко тетрагональные бипирамиды, часто псевдоморфозы по молибдениту, землистые образования.

Сп. — заметная.

Цв. — белый, серый, зеленоватый.

Тв. — 3,5.

Уд. в. — 4,35—4,52.

Исп. — плавится с трудом, легко растворяется в HCl . Раствор в H_2SO_4 — синего цвета. Одноосный, положительный; $N_0 = 1,967$; $Ne = 1,978$; $Ne - N_0 = 0,011$.

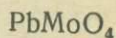
Ген. — вторичный минерал в зоне окисления молибденита.

Прим. — руда на молибден.

Гл. м. — Лянгар (Узбекистан) — сравнительно крупные выделения в скарнах; Читинская обл. — Гутайский рудник; Челябинская обл. — р. Черемшанка в Ильменских горах и др.

Э. н. м. — в честь Ю. Поуэлла.

210. Вульфенит



Х. с. — молибденовоокислый свинец; MoO_3 — 39,3%; PbO — 60,7%.

К. с. — тетрагональная.

О. ф. — бипирамидальные плоские кристаллы, часто с загнутыми концами, пластинчатый, зернистый или плотный.

Сп. — заметная по (111).

Цв. — желтый, оливково-зеленый, серо-белый, красновато-бурый, яркокрасный.

Бл. — смолистый, алмазный.

Тв. — 2,5—3.

Уд. в. — 6,7—7,0.

Исп. — легко плавится, растрескиваясь; на угле плавится, впитываясь в него и давая королек свинца. Дает отчетливую реакцию на молибден. Разлагается в HCl ; одноосный (но иногда обнаруживает двуосность), положительный; $N_g = 2,402$; $N_p = 2,304$; $N_g - N_p = 0,098$.

Ген. — вторичное образование, в шляхах свинцовых м-ний.

Прим. — индикатор на молибден, иногда служит рудой на молибден.

Гл. м. — Сулейман-сай (Казахстан), Кан-сай (Таджикистан).

Э. н. м. — в честь австрийского минералога Вульфена.

211. Молибдит



Х. с. — окись молибдена; Mo — 66,7%; O — 33,3%; часто содержит железо и воду.

Обычно встречается в виде желтых налетов.

Вторичный минерал, образующийся при выветривании молибденовых руд. Служит индикатором на молибден.

МИНЕРАЛЫ ВОЛЬФРАМА

Вольфрам (W) — металл шестой группы, обычно шестивалентный.

Атомный вес 184,0; порядковый номер 74; изотопы 196, 198, 199, 187, 183, 184, 186.

Радиус атома 1,41 Å, радиус иона 0,68 Å. Кларк $9 \cdot 10^{-5}$.

Уд. в. 19,1—21,4, температура плавления 3388°.

Вольфрам открыт Шееле в 1781 г.

Высший окисел вольфрама WO_3 ; известны также окислы: WO_2 , W_2O_3 , W_4O_3 , W_5O_9 , W_5O_{14} , W_3O_8 .

Имеется вольфрамовая кислота H_2WO_4 , соли которой являются главными минералами вольфрама. Щелочные соли этой кислоты растворимы в воде; вероятно, в этом виде вольфрам мигрирует в термальных водах.

В промышленности вольфрам употребляется для получения главным образом специальных (быстрорежущих, самозакаливающихся, а также ружейных) сортов стали, сверхтвердых сплавов, бронз. Соли поливольфрамовых кислот применяются в производстве художественных красок, протрав и утяжелителей в текстильном деле, в фотографии и др. $CaWO_4$ применяется для изготовления экранов при рентгеноскопии.

В химии земной коры вольфрам играет небольшую роль. В коре выветривания он изоморфен с молибденом.

Вольфрамовые минералы концентрируются главным образом в пегматитах, пневматолитах, нижних частях гипотермальных месторождений и на контактах.

Главнейшие минералы вольфрама следующие:

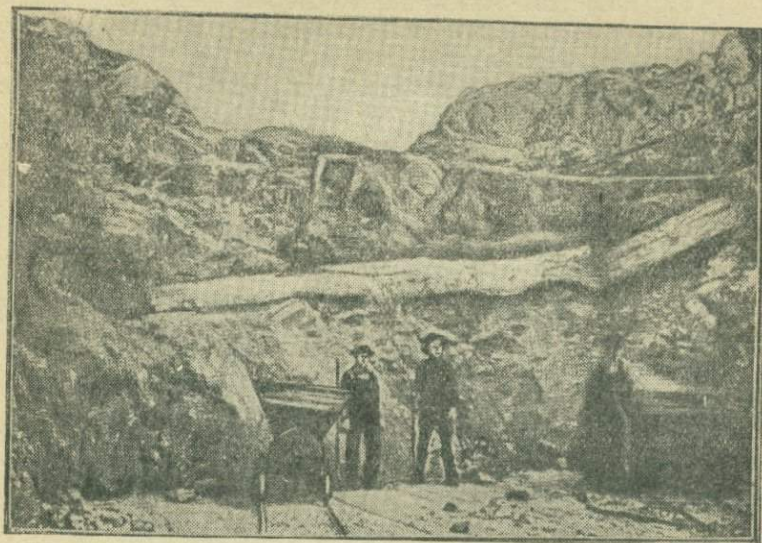
Тунгстенит WS_2
Тунгстит WO_3
Вольфрамит (Fe, Mn) WO_4
Ферберит $FeWO_4$
Гюбнерит $MnWO_4$
Шеелит $CaWO_4$
Купротунгстит $CuWO_4$
Купрошеелит (Ca, Cu) WO_4
Штольцит $PbWO_4$
Повеллит $Ca(Mo, W)O_4$
Чиллагит $3PbWO_4 \cdot PbMoO_4$
Ферритунгстит $Fe_2O_3 \cdot WO_3 \cdot 6H_2O$

Из них рассмотрим: шеелит и вольфрамит, являющиеся главными рудами на вольфрам; тунгстенит, обычно пропускаемый во время поисковых работ, и тунгстит — индикатор на вольфрам.

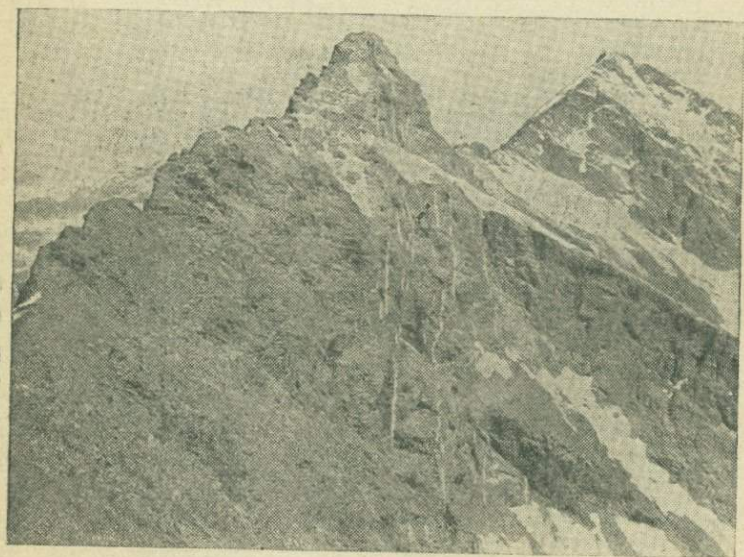
212. Шеелит

$CaWO_4$

- Х. с. — фольфрамовокислый кальций; WO_3 — 80,6%; CaO — 19,4%; обычно изоморфная (часто значительная) примесь молибдена, также Cu .
- К. с. — тетрагональная.
- О. ф. — квадратные бипирамиды, плоские, табличатые формы; также зернистые и плотные разности (фиг. 132).
- Сп. — совершенная.
- Цв. — белый, серый, бурый, желтый; цвет черты белый.
- Бл. — жирный.
- Тв. — 4,5—5.
- Уд. в. — 5,9—6,1.
- Исп. — трудно плавится; перл фосфорной соли в восстановительном пламени — синего цвета; растворяется в кислотах; после прибавления зерен олова в солянокислый раствор последний окрашивается в темно-



Фиг. 1. Кристалл сподумена из Южной Дакоты, США.

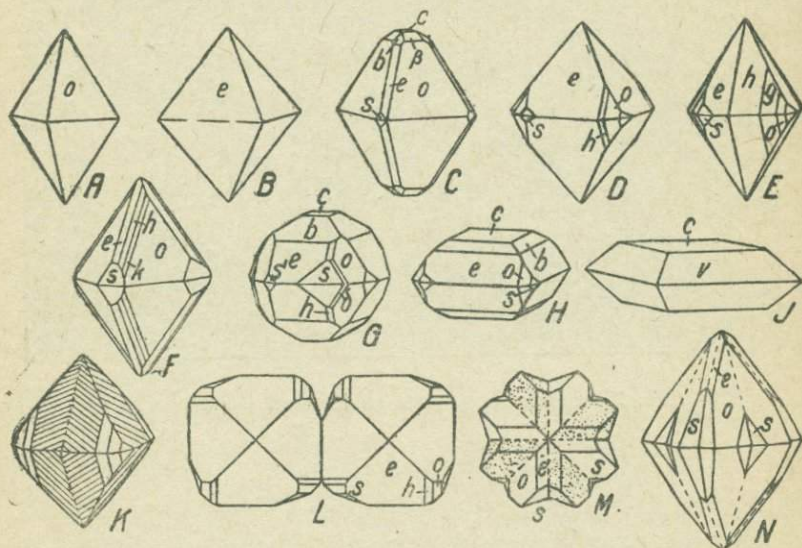


Фиг. 2. Свита кварцевых жил, содержащих шеелит и арсенопирит. Месторождение Кти-Теберда на Северном Кавказе.

синий цвет. Одноосный, положительный: $N_o = 1,9185$,
 $N_e = 1,9345$; $N_o - N_e = 0,016$.

Ген. — пневматолитический (кварцевые, часто золотоносные, и кварцево-полевошпатовые жилы); на контактах кислой магмы с известняками, с гранатом, пироксеном, скаполитом, халькопиритом, молибденитом. В рудных гипотермальных жилах с флюоритом, кальцитом, сульфидами.

Прим. — важная руда на вольфрам.

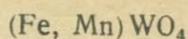


Фиг. 132. Кристаллические формы шеелита.

c (001), β (113), v (112), o (111), b (102), e (101), h (313), g (212), k (232), δ (121), s (131). Для шеелита характерна бипирамида (101), похожая на октаэдр (B). Месторождения: A, G — Предаццо; D — идеальная форма параморфной симметрии; E — Кумберланд; F, G — Тироль; H, J, K — Цинвальд; L, M, N — двойники.

Гл. м. — Челябинская обл. Гумбейская группа шеелитовых месторождений (Балканское, Требиинское, Бураковское) в районе г. Магнитогорска. Кварцевые жилы в граните и в его контактной зоне с порфиритами: шеелит сопровождается горным хрусталем, ортоклазом, пиритом, отчасти галенитом, тетраэдритом, халькопиритом, золотом, молибденитом. В контактной зоне — гранат, эпидот и др. Узбекская ССР — Лянгар — контактные скарны с шеелитом. Северный Кавказ — Тырныауз и Кти-Теберда (см. табл. IX, фиг. 2 и табл. X, фиг. 2). За границей — Кумберленд и Корнуолл в Англии; в Германии — Циннвальд, Гарц и др.

Э. н. м. — в честь первого исследователя вольфрама Шееле.

213. Вольфрамит

- Х. с. — вольфрамовокислое железо, изоморфная смесь вольфраматов железа и марганца; ферберит FeWO_4 : WO_3 —76,3; FeO —23,7%; гюбнерит MnWO_4 : WO_3 —76,6%; MnO —23,4%.
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — табличатые, реже призматические, короткостолбчатые кристаллы; листоватые, зернистые агрегаты.
- Сп. — совершенная, параллельная клинопинакoidу.
- Цв. — черный, коричневый, красновато-коричневый.
- Бл. — полуметаллический.
- Тв. — 5—5,5.
- Уд. в. — 7,1—7,9.
- Исп. — перед паяльной трубкой плавится в магнитный шарик; сплавляется с содой и углем; по обработке соляной кислотой в присутствии порошка олова раствор становится синим; при сплавлении со смесью соды и селитры образуется голубовато-зеленый сплав; при нагревании порошка вольфрамита в крепкой HCl происходит разложение с выделением желтого осадка WO_3 , который растворяется в аммиаке.
- Гл. м. — Бурято-Монгольская АССР — Джидинское месторождение, жилы в гранодиорите с гюбнеритом, молибденитом, пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, кварцем, флюоритом, бериллом, родохрозитом, тунгститом и др. Шерловая гора — в грейзенизированном граните с топазом, бериллом, арсенопиритом, флюоритом и др. Читинская обл. — Белуха, Букука. За границей — Бурма и Малакский полуостров; южные провинции Китая.
- Э. н. м. — по химическому составу. Гюбнерит — в честь Гюбнера из Фрейберга, впервые анализировавшего этот минерал; ферберит — в честь Фербера.

214. Тунгستنит

- Х. с. — сульфид вольфрама.
- О. ф. — землистые или листоватые скопления.
- Цв. — свинцово-серый.
- Тв. — 2,5.
- Уд. в. — 7,4.
- Гл. м. — США, Солтлейк в Юта.
- Э. н. м. — по химическому составу, вольфрам иначе называется тунгстен (швед. — тяжелый камень).

215. Тунгстит

- Х. с. — вольфрамовая охра, часто содержит примеси.
- О. ф. — порошокватые, землистые скопления.
- Цв. — желтый или желто-зеленоватый; индикатор на вольфрам.

- Исп. — растворяется в крепком аммиаке.
 Ген. — продукт окисления вольфрамита и других вольфрамовых минералов.
 Гл. м. — Лянгар (Узбекистан); Шерловая гора (Бурято-Монголия).
 Э. н. м. — по химическому составу (см. выше).

МИНЕРАЛЫ ОЛОВА

Олово (Sn) — металл четвертой группы, бывает четырех- и двухвалентным.

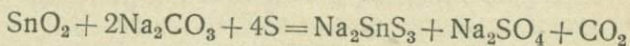
Атомный вес 119,70; порядковый номер 50. Кларк $6 \cdot 10^{-4}$.
 Изотопы 112, 114, 115, 116, 117, 118.

Радиус атома 1,58 Å; радиус иона 0,74 и 1,04 Å.

Уд. в. 5,35—7,30. Температура плавления 231,9°.

Олово было известно в глубокой древности (бронзовый век).

В воде растворимы галоиды олова и серноокисное олово; гидрат, окись и сернистое олово в воде не растворимы. Из соединений олова следует отметить: тетрафторид SnF_4 — твердое тело с температурой кипения 705°. Двуокись олова расплавляется в щелочах $\text{SnO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SnO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ и в смеси серы с содой:



Дисульфид олова, или сусальное золото SnS_2 растворяется в сернистом аммонии $\text{SnS}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{SnS}_3$.

Олово применяется в сплавах с медью и цинком (бронзы) для изготовления подшипниковых металлов, для получения белой жести на консервные банки и др., для фольги, для лужения посуды, для красок, химических реактивов, в керамике и пр.

Количество олова в земной коре незначительное ($6 \cdot 10^{-4}$). Олово может изоморфно замещаться германием.

Главная масса олова концентрируется в пегматитах, пневматолитах и в гипотермальных жилах — преимущественно в виде оловянного камня, совместно с минералами, содержащими фтор, бор или сульфидными минералами; оно может концентрироваться также и в мезотермальных жилах, чаще — в виде оловянного колчедана. Ввиду большой устойчивости оловянного камня, последний, попадая в россыпи, образует нередко промышленные скопления. При дальнейшем истирании оловянных минералов олово рассеивается механическим путем, но возможно, что часть его переходит в коллоидную форму и в растворы, откуда попадает в организмы. Олово, например, было найдено в слизистой оболочке и в мускулах языка быков и баранов.

К минералам олова относятся:

Самородное олово Sn

Кольбекин (херценбергит) Sn_2S_3

Станнин $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS} \cdot \text{SnS}$

Колюзит $(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Sn}, \text{Mo}, \text{Zn})_4 (\text{S}, \text{As}, \text{Fe}, \text{Sb})_{3-4}$

Канфильдит $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{SnS}_2$

Тиллит PbSnS_2

Пуфалит $3\text{PbSnS}_2 \cdot 2\text{ZnSnS}_2$

Франкеит $5\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 2\text{SnS}_2$

Килиндрит $6\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 6\text{SnS}_2$

Плюмбостаннин $2\text{PbS} \cdot 2(\text{Fe}, \text{Zn})\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 2\text{SnS}_2$

Касситерит SnO_2

Стоксит $\text{CaO} \cdot \text{SnO}_2 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Арандизит $3\text{SnSiO}_4 \cdot 2\text{SnO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Норденшильдит $\text{CaO} \cdot \text{SnO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$

Гулсит $12(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SnO}_2 \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

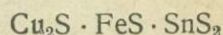
Пэйджеит (пайгеит) $30\text{RO} \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SnO}_2 \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, где $\text{R} = \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Ca}$

Торолит $\text{Ta}_2\text{O}_5 \cdot \text{SnO}_2$

Хьелмит—станнотанталат и ниобат итрия, железа, марганца и кальция,

Из этого списка рассмотрим станнин и касситерит, являющиеся главными рудами на олово.

216. Станнин



Оловянный колчедан

Х. с. — оловянная сульфосоли меди и железа; Sn—27,5%; Cu—29,5%; Fe—13,1%; S—29,9%.

К. с. — квадратная, псевдокубическая.

О. ф. — редко в кристаллах — псевдотетраэдрах; обычно сплошной, зернистый.

Сп. — неясная, хрупок.

Цв. — стально-серый, железо-черный, бронзовый, желтоватый, иногда с голубоватой побелостью; цвет черты черноватый.

Бл. — металлический.

Тв. — 4

Уд. в. — 4,3—4,5.

Исп. — сплавляется в королек, образует вокруг самой пробы белый налет окиси олова; реакция на серную печень; в азотной кислоте разлагается, образуя синий раствор, из которого выпадает окись олова и сера.

Ген. — образуется в мезотермальных и гипотермальных жилах; часто выделяется в черной цинковой обманке. Выделения коллоидального олова в пирите, вероятно, представлены станнином. При окислении образуется очень неустойчивый сульфат олова, который переходит во вторичный касситерит.

Прим. — руда на олово.

Гл. м. — в СССР — Хапчеранга в Забайкалье — с оловянным камнем; некоторые месторождения Верхоянского хребта в Якутии. За границей — Корнуолл в Англии; в многочисленных месторождениях центральной и южной части Боливийского оловянного пояса.

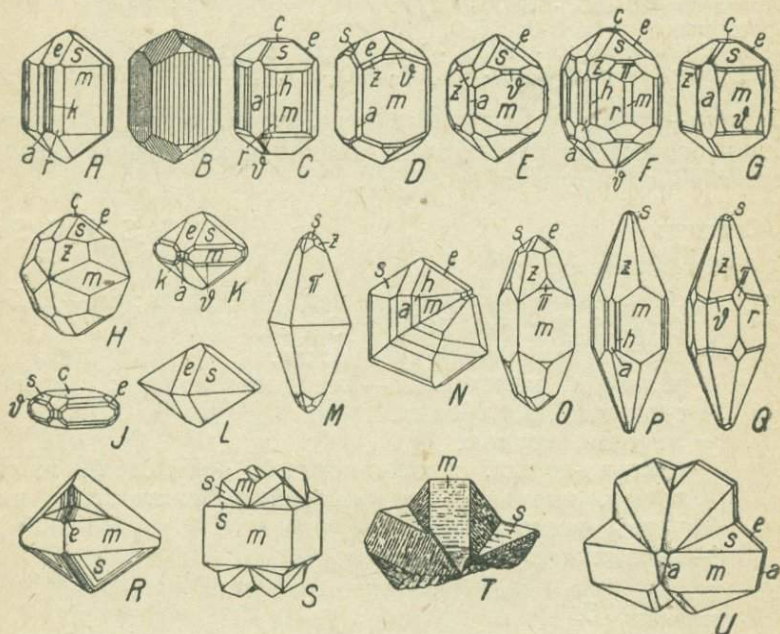
Э. н. м. — по химическому элементу.

Оловянный камень

Х. с. — окись олова; Sn — 78,6%; O — 21,4%; часто содержит примеси Ta₂O₅ и Nb₂O₅, железа и др.

К. с. — тетрагональная.

О. ф. — как в виде тетрагональных призм с тетрагональными дипирамидами, так и в тетрагональных дипирамидах (в пегматитовых жилах); часто двойники с характерными входящими углами, зернистые и сплошные массы; лучистые и натечные образования (фиг. 133).



Фиг. 133. Кристаллические формы касситерита.

c (001), *a* (100), *h* (210), *r* 320, *m* (110), *s* (111), ϕ (552), π (551), *e* (101), *z* (321). Месторождения: A—L, O—Q, S—Корнуолл; M—Редрут; R—Ивиггут; S—Шлагенвальд; T—Цинвальд. Кристаллы касситерита в большинстве случаев короткостолбчатые.

Сп. — по (100) и по (110) несовершенная; по (111) неясная.

Цв. — обычно черный или коричневый, реже желтый, белый или бесцветный. Часто пятнами или различный по разным зонам.

Бл. — алмазный до металлического (у черных разновидностей).

Тв. — 6—7.

Уд. в. — 6,8—7,1.

Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; при сплавлении с содой и порошком угля восстанавливается до олова (мелкие корольки); в кислотах не разлагается; сплавляется легче всего в перекиси натрия. Восста-



Фиг. 1. Южные склоны Тырнаузского гребня, сложенные рудоносными скарнами и известняками,

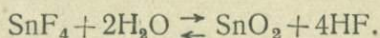


Фиг. 2. Оловоносная пегматитовая жила, залегающая в граните. Туркестанский хребет, Киргизская ССР.

навливается до металлического олова водородом *in statu nascendi* при действии кислоты (соляной или серной) на цинковую пыль или пластинку. Касситерит покрывается при этом матовым налетом олова (оловянное зеркало).

Одноосный положительный; $No = 1,997$; $Ne = 2,093$; $Ne - No = 0,097$.

Ген. — касситерит образуется в пегматитовых жилах, в пневматолитовых жилах, сопровождаемых обычно грейзенами¹ с фтор- и борсодержащими минералами; в гипотермальных жилах в ассоциации с турмалином, железистым хлоритом, пирротиним, арсенопиритом; в мезотермальных жилах с сульфидными минералами. Экспериментальные исследования, произведенные в прошлом веке Добре сначала с хлористым оловом, а затем с фтористым, привели его к мысли, что реакция образования касситерита идет в природе по следующему уравнению:



Наблюдения над минеральными ассоциациями, характерными для оловянного камня, однако, показывают, что он мог образоваться в результате различных реакций. Так, например, в пегматитовых жилах время выделения олова отвечает обычно альбитизации пегматита, связанной с привнесом щелочи. Сильно щелочной характер растворов вызывает проявление кислотных свойств ионов олова. В результате сначала образуются станнаты щелочей. При дальнейшем выпадении щелочей, входящих в состав альбита, растет концентрация водородных ионов в растворе, в силу чего начинает выпадать оловянный камень.

Наконец, в 1936 г. Херценберг получил синтетический оловянный камень из растворов хлористого олова в присутствии соляной кислоты, сернистого натрия и окислителя. Вначале осаждалось твердое сернистое олово, которое, спустя некоторое время, превращалось в гель оловянной кислоты. В дальнейшем гель раскристаллизовывался с образованием кристаллов SnO_2 .

Различаются два резко выраженных типа оловянного камня: 1) из пегматитовых жил, 2) из месторождений пневматогидатогенных. Для первого типа характерны дипирамидальные формы, черный и бурый цвет, отсутствие прозрачности, содержание окислов тантала и ниобия, около 20% и выше, сильный

¹ Грейзен — порода, образовавшаяся в результате пневматолитической переработки гранита и состоящая главным образом из кварца, светлых фтористых мелкошуйчатых слюд, топаза, флюорита и др.

плеохроизм. Для второго типа надо отметить обычный призматический габитус, более светлую окраску, усиление прозрачности, резкое уменьшение содержания тантала и ниобия, слабый плеохроизм.

Спутники: 1) в пегматитовых жилах—микроклин, альбит, чешуйчатый мусковит или литиевые слюды, тантало-ниобаты; 2) в грейзенах и высокотемпературных кварцевых жилах—топаз, берилл, турмалин, светлые слюды, флюорит, нередко вольфрамит; 3) в кварцево-сульфидных жилах—железистый хлорит, пирротин, пирит, арсенопирит, цинковая обманка, иногда свинцовый блеск.

Вторичный касситерит образуется при разложении сернистых соединений олова (см. минералы олова); разновидность—деревянистый оловянный камень; волокнистого сложения и натечной формы—образуется или как вторичный минерал при разрушении в окисленной зоне различных сульфидов и сульфостаннатов олова, или выделяется из коллоидных растворов.

Прим. — главная руда на олово.

Гл. м. — в СССР — Хапчеранга (сульфидно-касситеритовый тип), Онон (кварцево-касситеритовый тип), Шерловая гора (кварцево-касситеритовый тип), Этака (кварцево-касситеритовый тип с вольфрамитом), Завитая (пегматитовый тип); эти месторождения находятся в Забайкалье. Иппатинское — в верховьях р. Бурей (ДВК); Иультинское — на Чукотском полуострове (оба кварц-касситеритовые с вольфрамитом); Эге-Хая и др. — в бассейне рр. Яна и Адыча в Якутии (сульфидно-касситеритовый тип); Сталинское и Синанчинское месторождения (полиметаллические жилы) в Сихотэ-Алине (ДВК); многочисленные небольшие месторождения в Калба-Нарымском крае (восточный Казахстан); среди них наибольшее — Чердоякское (кварц-касситеритовый тип с шеелитом и графитом); Кара-су и др. в Туркестанском хребте (см. табл. X, фиг. 1) — пегматитовый тип.

За границей — многочисленные россыпи и коренные месторождения на островах Банка, Биллитон, на Малакском полуострове и в Бурме. Среди них пользуется известностью, как особый морфологический тип, трубчатая жила Беатрис-Майн; Корнуолл в Англии, штокверки грейзена и жилы, переходящие с удалением от гранитных штоков в медные и полиметаллические месторождения; Альтенберг, Цинвальд и Граупен в Рудных горах Германии, Лапац, Оуро и Унция — Лаллагуа, Потози — в северной, средней и южной Боливии.

Э. н. м. — от греч. касситерос — олово.

БЕРИЛЛИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Бериллий (Be) — двухвалентный металл второй группы. Атомный вес 9,02; порядковый номер 4; изотопы 8, 9, 10, 11. Радиус атома 1,13 Å, радиус иона 0,34 Å. Кларк $1 \cdot 10^{-4}$. Уд. в. 1,86, температура плавления 1278°, тв. 5.

Бериллий был открыт Вокленом в 1797 г.; в Европе и Америке его называют иногда также глицинием, от греч. глюкоз — сладкий, так как соли бериллия имеют сладкий вкус.

Гидрат бериллия, галоидные, азотнокислые и сернокислые соли растворимы в воде и ведут себя аналогично соединениям алюминия.

В природе бериллий находится преимущественно в соединении с кремнием.

Металлический бериллий применяется главным образом в сплавах с медью, образуя бронзы необычайной твердости и исключительно высоких механических качеств. Металлический бериллий применяется также в рентгентехнике; соединения бериллия — в керамическом, стекольном, красочном и других производствах.

В химии земной коры этот элемент не играет особой роли. Минералы бериллиевой группы концентрируются преимущественно в пегматитовых жилах и пневматолитах.

Из бериллиевых минералов отметим:

Хризоберилл BeAl_2O_4
Фенакит Be_2SiO_4
Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
Эвклаз HBeAlSiO_5
Барилит $\text{BaBe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$
Гадолинит $\text{Be}_2\text{FeY}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$
Гельвин $3(\text{Mn}, \text{Fe})\text{BeSiO}_4 \cdot \text{MnS}$
Даналит $3(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{BeSiO}_4 \cdot \text{ZnS}$

Из них будут рассмотрены первые три минерала.

218. Хризоберилл

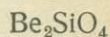
BeAl_2O_4

Цимофан — александрит

- Х. с. — алюминат бериллия; $\text{BeO} - 19,8\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 80,2\%$; имеются примеси следов хрома и ванадия.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — обычно призматические, повторно сдвойникованные кристаллы ложногексагональной формы.
- Сп. — несовершенная.
- Цв. — зеленовато-белый, спаржево- и оливково-зеленый, зеленовато-серый, травяно- и изумрудно-зеленый (александрит); у александрита наблюдается трихроизм: в направлении оси *a* коломбиново-красный, по оси *b* — оранжево-желтый, по оси *c* — изумрудно-зеленый.
- Бл. — стеклянный или жирный.

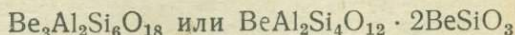
- О. с. — александрит при дневном свете зеленый, а при искусственном — фиолетово-красный.
- Тв. — 8,5.
- Уд. в. — 3,65—3,8.
- Исп. — не плавится, в буре сплавляется, кислоты не действуют, едкий калий и кислый сернокислый калий разлагают.
 $+2V = 25^\circ$; $Nm = 1,748$; $Ng - Np = 0,009$;
 плеохроичный — по *a* — коломбиново-красный,
b — оранжево-желтый,
c — изумрудно-зеленый.
- Ген. — в пегматитовых жилах, в частности в жилах мигматического типа в парагенезисе с изумрудом, бериллом, флюоритом, кварцем, биотито-флогопитовой слюдой, фенакитом, турмалином, рутилом, актинолитом, хлоритом, тальком.
- Прим. — драгоценный камень.
- Гл. м. — Свердловская обл. — Изумрудные копи. За границей — о. Цейлон; Мадагаскар (пегматиты); Бразилия (Минас Жераес и др.).
- Э. н. м. — от греч. хрюзос — золото и берилл; александрит — в честь Александра II.

219. Фенакит



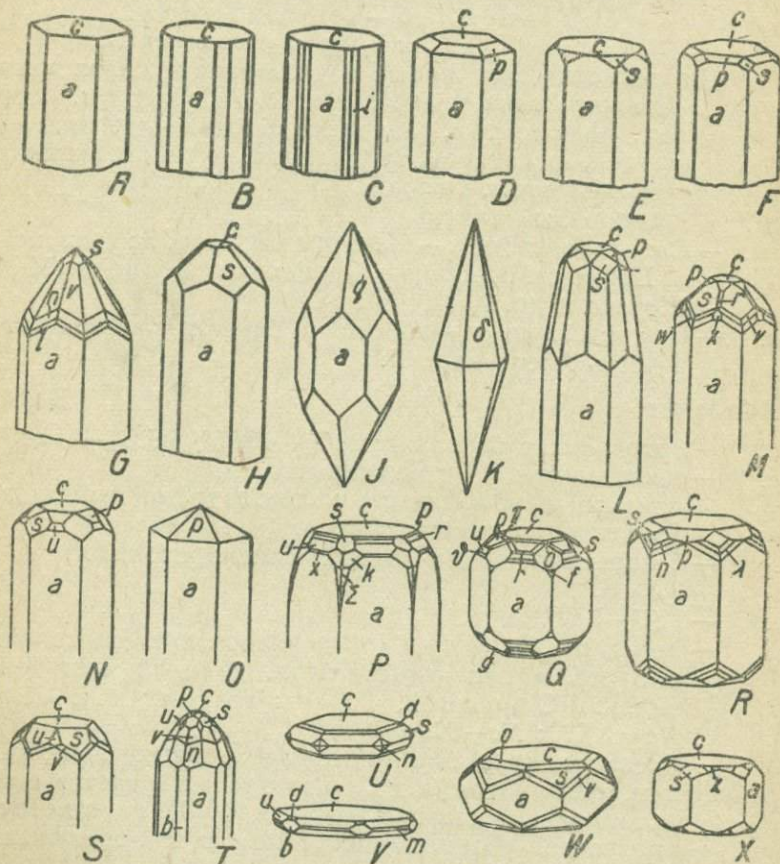
- Х. с. — ортосиликат бериллия; $\text{BeO} - 45,55\%$; $\text{SiO}_2 - 54,45\%$.
- К. с. — гексагональная — тригональная.
- О. ф. — призмы в комбинации с ромбоэдрами напоминают короткие кристаллы кварца.
- Цв. — бесцветный, винно-желтый, бледнорозовый.
- Тв. — 7,5—8.
- Уд. в. — 2,97—3,00.
- Исп. — перед паяльной трубкой не плавится, туго сплавляется с бурой в прозрачный перл, с содой дает белую эмаль. Одноосный, положительный; $No = 1,654$; $Ne = 1,670$; $Ne - No = 0,016$.
- Ген. — пневматолитический (с бериллом, мусковитом, кварцем, флюоритом и др.); изредка встречается в гидротермальных кварцевых жилах. Изучен недостаточно.
- Прим. — прозрачная разновидность употребляется как драгоценный камень.
- Гл. м. — Свердловская обл. — Изумрудные копи, в парагенезисе с александритом, изумрудом и др. (см. хризоберилл).
- Э. н. м. — от греч. фенакс — обманщик, так как его принимали за кварц.

220. Берилл



- Х. с. — берилл можно рассматривать как продукт присоединения к алюмосиликату; $\text{BeO} - 14,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 19,0\%$; $\text{SiO}_2 - 67,0\%$. Состав очень непостоянен, обычны примеси K, Na, Li, Cs.

- К. с. — гексагональная.
 О. ф. — гексагональные вытянутые призмы, комбинации пирамиды с пинакоидом; также сплошные зернистые и плотные массы. Кристаллы иногда достигают очень больших размеров (фиг. 134).
 Сп. — неясная по базису.
 Цв. — разнообразный, в зависимости от окраски дается то или иное название (см. разновидности).



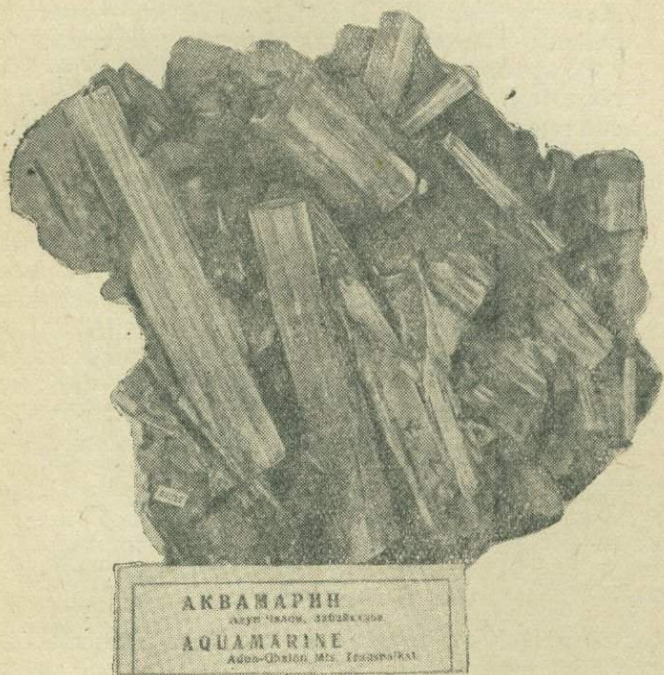
Фиг. 134. Кристаллические формы берилла.

a ($10\bar{1}0$), b ($11\bar{2}0$), i ($21\bar{3}0$), c (0001), π ($10\bar{1}2$), p ($10\bar{1}1$), r ($30\bar{3}2$), u ($20\bar{2}1$), θ ($30\bar{3}1$), x ($15\cdot0\cdot15\cdot2$), q ($3\cdot3\cdot6\cdot10$), o ($11\bar{2}2$), δ ($5\cdot5\cdot10\cdot7$), d ($33\bar{6}4$), s ($11\bar{2}1$), f ($33\bar{6}1$), v ($21\bar{3}1$), k ($42\bar{6}1$), Σ ($16\cdot8\cdot24\cdot1$), n ($31\bar{4}1$), w ($71\bar{8}1$), l ($11\cdot2\cdot13\cdot2$), χ ($9\cdot7\cdot16\cdot9$), λ ($15\cdot1\cdot16\cdot1$). Месторождения: А, С, F, K, L, M, N, O, S — Мурзинка; B, D, H, J, N — Адул-чолон; E — Шайтанка; G, X — Эльба; Q — Сангафе де Богота; R — Банфшир; T — Александр Ко.; U, V — Махарития; W — Бразилия.

- Бл. — стеклянный, на изломе смолистый.
 Тв. — 7,5—8.
 Уд. в. — 2,63—2,91.

Исп. — перед паяльной трубкой с большим трудом сплавляется только в тонких краях; в перле фосфорной соли медленно расплавляется без выделения кремнезема; кислоты не действуют.

Одноосный, отрицательный; некоторые кристаллы имеют оптические аномалии; у них наблюдается маленький угол оптических осей. Показатели преломления изменяются в зависимости от колебаний состава. $N_g = 1,568 - 1,605$; $N_p = 1,564 - 1,595$; $N_g - N_p = 0,004 - 0,008$.



Фиг. 135. Аквамарины. Адуи-чолон, Забайкалье.

Ген. — минерал с очень широким полем образования. Мелкие удлиненные кристаллы берилла выделяются среди первичных образований застывающего гранитного батолита. Главная область его образования — чисто пегматитовая и в особенности пегматоидная и надкритическая фазы пегматитового процесса (фазы E, F, G в схеме Ферсмана). Особенно крупные концентрации дает берилл в мигматических пегматитах (типа изумрудных копеек) при взаимодействии остаточных растворов гранитной магмы с основными породами. Парагенезис берилла обширен: кварц, флюорит, ортоклаз, микроклин, слюды, фенакит, хри-

- зоберилл, топаз, турмалин, вольфрамит, молибденит, колумбит, касситерит и др.
- Разн. — изумруд — прозрачный, зеленый, драгоценный камень первого класса; окраска минерала зависит от следов хромовых и, возможно, ванадиевых соединений; аквамарин — голубовато-зеленый, цвета морской воды, драгоценный камень второго класса; воробьевит — цезиевый берилл розового цвета, драгоценный камень; обыкновенный берилл — белый, зеленоватый, желтоватый, синеватый, серый, непрозрачный.
- Гл. м. — Свердловская обл. — Изумрудные копи (см. выше); Алтайский край — Тигирецкие Белки — огромные кристаллы синего берилла в пегматите среди биотитового гранита; Бурято-Монгольская АССР — Шерловая гора (см. хризоберилл); Красноярский край (Падунская пегматитовая жила в Тасеевском районе). Бериллоносные пегматиты Казахстана (Джунгарский Алау) и Средней Азии (Туркестанский хребет). США — Мэн (гигантские 3—5 м кристаллы Алабани); Южная Дакота и др. Колумбия (знаменитое месторождение изумрудов Музо); Мадагаскар — огромные пегматитовые поля западной части); Трансвааль (изумруды Сомерсет-Майн) и др.
- Э. н. м. — персидское слово белур, греч. — беруллос. Изумруд — от персидского — ямруд, по-гречески — смарагд; аквамарин — от латинск. — морская вода; воробьевит — в честь русского минералога Воробьева.

ЦИРКОНИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Цирконий (Zr) — четырехвалентный металл четвертой группы. Атомный вес 91,22; порядковый номер 40; изотопы 90, 92, 94, 96 (?).

Радиус атома 1,60 Å, радиус иона 0,87 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-3}$.

Уд. в. 6,53; температура плавления 1900°.

Оксид циркония выделил впервые Клапрот в 1787 г., а металлический цирконий получил Берцелиус в 1824 г.

Аморфный цирконий и его кристаллический порошок при накаливании сгорают на воздухе в ZrO_2 . Этот окисел является самым устойчивым соединением циркония; при сплавлении его с щелочами получают цирконаты.

Известны в лабораторных условиях следующие соединения: тетрагидрид $ZrCl_4$, фторид ZrF_4 , сульфат $Zr(SO_4)_2$, нитрат $Zr(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$, $Zr(P_2O_7)$, нитрид ZrN , Zr_3N_4 , карбид ZrC , силицид $ZrSi_2$ и др. Кроме того, с кремнием цирконий образует комплексный ангидрид $ZrO_2 \cdot SiO_2$; здесь, как и во многом другом, обнаруживается сходство циркония с титаном.

Металлический цирконий прибавляется в сплавы для улучшения литья, так как он поглощает кислород и азот. Известны также твердые сплавы циркония с кобальтом и никелем. При-

меняется (в виде двуокиси) для сверхогнеупорных изделий, также в производстве эмали, в фарфоровом и стекольном производстве, в красочном деле, в медицине.

Циркониевые соединения обычно содержат примесь гафния.

Цирконий принадлежит к малораспространенным элементам. Он относится к шестнадцатому ряду изоморфных элементов по В. И. Вернадскому (Si, Ti, Zr, Mn). Этот элемент концентрируется главным образом в щелочных породах и в пегматитах.

Главнейшие минералы циркония:

Бадделеит или бразилит ZrO_2

Циркон¹ $ZrO_2 \cdot SiO_2$

Эвдиалит $(Na, Ca, H)_4(Fe^{2+}, Zr)_2Si_6O_{18}Cl$

Катаплеит $H_4(Na_2, Ca)ZrSi_3O_{11}$

Гуаринит $(Na_2, Ca)(Si, Zr)O_3$

Эльпидит $H_6Na_2ZrSi_6O_{18}$

Розенбушит }
Велерит } цирконосиликаты Ca, Na, Mn, Fe, Nb

Цирконий добывается из двух минералов: бадделеита и циркона; производились опыты его получения из эвдиалита. Эти три минерала рассмотрим ниже.

221. Бадделеит

ZrO_2

Бразилит

- Х. с. — окись циркония содержит примесь окиси гафния HfO_2 , также обычно небольшие количества Fe, Ti, Al, Si.
- К. с. — моноклинная, аморфная натечная нечистая разность, называется цирконфавас или просто фавас.
- О. ф. — табличатые кристаллы, частые двойники; столбчатые, листоватые, ветвистые формы (бразилит); жилковатые лучистые скорлуповатые агрегаты, натечные образования.
- Сп. — совершенная по базису.
- Цв. — бесцветный, желтый, коричневый, черный.
- Тв. — 6,5.
- Уд. в. — 5,7.
- Исп. — в пламени паяльной трубки сплавляется с трудом в тонких краях, при накаливании светится; прокаленный дает окраску, после сплавления с $KHSO_4$ разлагается кислотами, сплавляется с бурой и фосфорной солью.
 $2V = 30^\circ$; $Nm = 2,19$; $Ng - Np = 0,07$.
Плеохроичный.
- Ген. — повидимому, вторичный минерал, образующийся при выветривании эвдиалита и других циркониевых минералов. Находится в авгитовых сиенитах; встречается также в магнетитово-пироксеновых породах

¹ И его разновидности — малакон, циртолит и др.

в ассоциации с ильменитом и апатитом; скапливается в россыпях, чаще в форме фаваса.

Гл. м. — крупнейшие скопления корок и конкреций бадделеита и циркита (смесь бадделеита, пирротина, орвиллита — измененный циркон) — Посос де Кальдас и Каската на границе бразильских штатов Минас-Жераес и Сао-Пауло в области развития щелочных пород, богатых эвдиалитом. В СССР пока не известен.

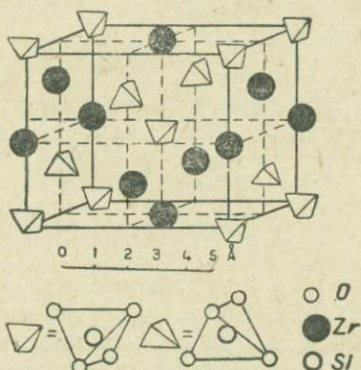
Э. н. м. — в честь Жозефа Баделлей.

222. Циркон



Х. с. — комплексный ангидрид циркония и кремния¹; ZrO_2 — 67,2%; SiO_2 — 32,8%; примесь гафния, также обычно Fe.

К. с. — тетрагональная, структура видна на фиг. 136.



Фиг. 136. Структура циркона.

О. ф. — тетрагональные призмы с бипирамидами (фиг. 137), иногда наблюдаются сростки с ксенотимом (YPO_4).

Сп. — неясная.

Цв. — бесцветный, светложелтый, коричневый, серый, зеленоватый, красноватый, красный (гиацинт).

Бл. — алмазный.

Тв. — 7,5.

Уд. в. — 4,4—4,7. Для метамиктных разностей и ниже; до 3,9.

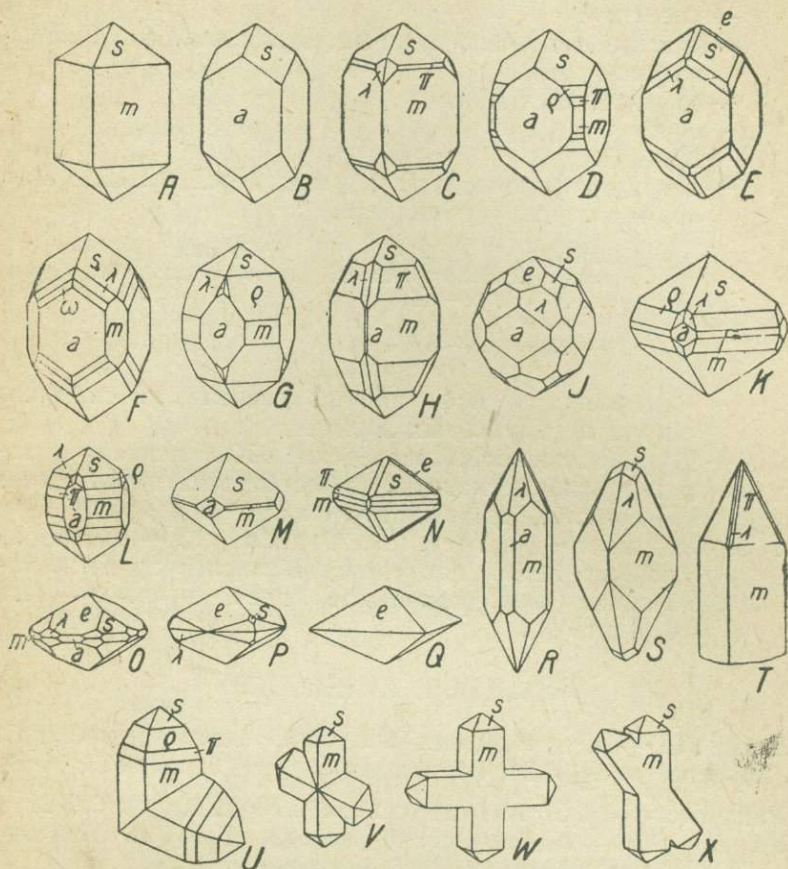
Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; очень тонкий порошок слегка разлагается при нагревании в концентрированно H_2SO_4 . Одноосный, положительный. $N_o = 1,923$ — $1,960$; $N_e = 1,968$ — $2,015$; $N_e - N_o = 0,045$ — $0,058$ ¹.

Ген. — образуется главным образом в пегматитах как гранитной, так и в особенности щелочной магмы; встречается как акцессорный минерал в кислых щелочных и средних породах; при разрушении этих пород скапливается в россыпях.

¹ Согласно другим взглядам — соль ортокремневой кислоты.

¹ Метамиктные разности с низким двупреломлением или изотропные.

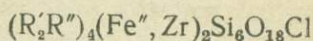
Гл. м. — Челябинская обл. — пегматиты среди сиенитов и отчасти гнейсов — Ильменские горы; Сталинская обл., Мариупольский район — в элеолитовом сиените (мариуполите), состоящем из альбита, элеолита, эгирина, лепидомелана, циркона и апатита.
Э. н. м. — по химическому составу.



Фиг. 137. Кристаллические формы циркона.

a (100), m (110), s (111), e (221), π (331), λ (311), ω (511), η (101). Месторождения: А—D, F—H, K, R — Ильменские горы; E — Росшир; J — Сисью; L — Миаск; O—Q — Илчинец; S — Фигли; T — Фредериксверг; U — Ренфрю; V—X — Рендерсон. А и В являются наиболее частыми кристаллическими формами.

223. Эвдиалит }
224. Эвколит }



где R' — Na, K, H, а R'' — Ca, Mn, Fe.

Кроме того, цирконий может частично замещаться трехвалентным железом, а кремнезем — алюминием.

Эвдиалитами называются более натриевые члены, а эвколитами — более богатые кальцием. Смесь компонентов примерно в равных количествах называется мезодиалитом.

Х. с. — сложный цирконосиликат.

К. с. — гексагональная — тригональная.

О. ф. — ромбоэдры и скаленоэдры, кристаллы иногда значительных размеров; также сплошной, зернистый.

Сп. — заметная.

Цв. — красный, вишнево-красный, малиновый, коричневый, грязно-бурый.

Бл. — жирный, стеклянный.

Тв. — 5—6.

Уд. в. — 2,8—3,1.

Исп. — плавится легко в эмаль; разлагается в HCl с выделением студня кремнезема.

Эвдиалит	Эвколит
одноосный, положительный	отрицательный
$N_o = 1,608-1,610$	1,620—1,643
$N_e = 1,610-6,13$	1,618—1,634
$N_e - N_o = 0,001-0,004$	0,001—0,010

Ген. — выделяется в нефелиновых сиенитах и связанных с ними пегматитовых жилах.

Гл. м. — Мурманский край: Ловозерские и Хибинские тундры — в породах и пегматитах с полевым шпатом, эгирином, ринколитом, сфеном, астрофиллитом и др.

Э. н. м. — эвдиалит — от греч. *эу* и *диалеуеин* — растворяю, так как легко растворим в кислотах; эвколит — название нерациональное (греч. *эуколотос* — легко убеждать).

ЛИТИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Литий (Li) — щелочной одновалентный металл первой группы. Атомный вес — 6,94; порядковый номер 3; изотопы 6 и 7.

Радиус атома 1,57 Å, радиус иона 0,78 Å. Кларк 0,012.

Уд. в. — 0,53 — самый легкий металл. Тв. 0,6. Плавится при 179°. Имеет серебристо-белый цвет.

Литий как элемент открыт в 1817 г. Арфведсоном и назван греческим словом *литеос*; что значит каменный, так как впервые был открыт в камне.

Литиевые минералы при прокаливании дают характерное карминно-красное окрашивание пламени. Неплавкие минералы предварительно сплавляются с одной частью флюорита и двумя частями бисульфата калия. Для лития характерны спектральные линии: красная — 670,8 мм и оранжево-желтая — 680,4 мм.

Углекислая соль лития Li_2CO_3 плохо растворяется в холодной воде, с увеличением температуры ее растворимость еще более уменьшается. Li_2SO_4 и LiCl легко растворимы в воде,

LiF трудно растворим. Нитраты и хлориды лития легко растворимы в ацетоне, чем и пользуются для количественных определений лития. Микрохимическая реакция: от действия фосфата натрия выделяются игольчатые и крестообразные двойники прорастания.

Литий применяется в металлургии, повышая твердость сплавов и понижая их хрупкость и коэффициент расширения. Соли лития, фтористые и хлористые, применяются при паянии алюминия, силикаты лития — в керамике, прочие соли — в медицине и пиротехнике.

Общее количество добычи лития в год невелико — несколько сотен тонн.

По В. И. Вернадскому литий относится к шестому ряду изоморфных элементов (K, Na, Cs, Rb, Li, H). Вместе с литием почти всегда присутствует фтор и часто бор.

Главнейшие литиевые первичные минералы концентрируются в пегматитах; к ним относятся алюмосиликаты:

Сподумен $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$

Петалит $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$

Лепидолит и цинвальдит $(\text{OH}, \text{F})_2\text{KLiAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$

Литиевый турмалин (см. турмалин)

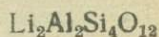
Амблигонит $2\text{LiFAl}_2(\text{PO}_4)_3$

Фторид лития — криолитионит $3\text{NaF}_4 \cdot 3\text{LiF} \cdot 2\text{AlF}_3$.

В осадочных породах некоторое обогащение литием наблюдается у глауконита и боратов. Кроме того, некоторые минеральные источники имеют повышенное содержание лития; например вода источника Виши (Франция) содержит до 0,4 г лития на литр.

Ниже мы рассмотрим сподумен, петалит и лепидолит, из которых добывают литий.

225. Сподумен

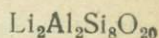


Трифан

- Х. с. — алюмосиликат лития; Li_2O — 8,07%; Al_2O_3 — 27,44%; SiO_2 — 64,49%.
- К. с. — моноклиная.
- О. ф. — призматические кристаллы, напоминающие формы авгита; иногда кристаллы достигают длины нескольких метров. Большею частью сподумен представлен листоватыми или сплошными массами. Двойники по (100).
- Сп. — заметная по (110), по (100) и (010).
- Цв. — пепельно-серый, белый, желтоватый, розовый, фиолетовый, изумрудно-зеленый.
- Бл. — стеклянный, переходящий в зеркальный, на плоскостях спайности перламутровый.
- О. с. — у розовой разновидности сподумена — кунцита — наблюдается, кроме обычной люминисценции, еще явление свечения от действия β - и γ -лучей радия.

- Тв. — 6,5—7.
 Уд. в. — 3,13—3,20.
 Исп. — не растворим в кислотах, дает реакцию на Al; при прокаливании вспучивается и слегка окрашивает пламя в красный цвет; окраска бывает резкая после сплавления с CaF_2 и кислым сернокислым калием. Опт. — оптически положительный, $2V = 54-69^\circ$; $Nm = 1,665-1,674$; $Ng-Np = 0,016-0,027$; сильный плеохроизм.
- Разн. — кунцит — розовый; гидденит — изумрудно-зеленый. В сподумене часто присутствует прорастание тонких кристаллов эвкриптита — $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ и альбита $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$.
- Ген. — гранитные пегматитовые жилы, в парагенезисе с петалитом, лепидолитом, касситеритом, малиновым шерлом — турмалином, кварцем, ортоклазом, альбитом.
- Изм. — переходит в эвкриптит и выветривается как другие алюмосиликаты, с образованием каолина.
- Прим. — главная масса служит рудой на литий. Прозрачные, красиво окрашенные разновидности применяются как поделочный и драгоценный камень.
- Гл. м. — Забайкалье — Завитинское литиевооловянное месторождение: сподумен, касситерит, кварц, лепидолит, турмалин и др. Тамынген, Карасу и другие пегматитовые месторождения Киргизской АССР. В Центральном Гиндукуше по р. Солянг (Афганистан), США — Южная Дакота — огромные кристаллы до 14 м (см. табл. IX, фиг. 1, на стр. 370).
- Э. н. м. — от греч. сподуменос — пепельно-серый.

226. Петалит

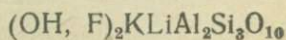


Кастор или касторит

- Х. с. — алюмосиликат лития; $\text{Li}_2\text{O} - 4,90\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 16,68\%$; $\text{SiO}_2 - 78,42\%$.
- К. с. — моноклинный.
- О. ф. — кристаллы пластинчатые по (010) или вытянутые параллельно a . Обычно сплошной, колющийся на пластинки.
- Сп. — совершенная по (001), по (201) менее ясная.
- Цв. — бесцветный, белый, красновато-белый, серовато-белый и зеленый; бесцветный в шлифе.
- Бл. — стеклянный, на плоскостях совершенной спайности — перламутровый.
- О. с. — при медленном нагревании фосфоресцирует голубым светом.
- Тв. — 6—6,5.
 Уд. в. — 2,4—2,5.

- Исп. — перед паяльной трубкой плавится в пузыристое стекло, окрашивая пламя красноватым цветом. Растворим в HF, в других кислотах не растворим.
- Опт. — оптически положительный.
 $2V = 83^\circ 34'$; $Ng = 1,516$; $Nm = 1,510$; $Np = 1,504$;
 $Ng - Np = 0,012$.
- Разн. — кастор или касторит — прозрачный, как горный хрусталь.
- Ген. — редкий минерал; образуется в пегматитовых жилах в парагенезисе со сподуменом, лепидолитом, турмалином, кварцем, ортоклазом, альбитом, оловянным камнем, бериллом, поллуцитом (цезиевый минерал), гранатом, пироксеном, титанитом.
- Изм. — при выветривании превращается в гидрокасторит и далее изменяется как алюмосиликат.
- Прим. — руда на литий.
- Гл. м. — Свердловская обл. — дер. Липовка — эндоконтактно-измененный пегматит в змеевиковых породах; петалит, воробьевит, турмалин, лепидолит, апатит и др.; в Италии — на о. Эльба; в США — в ряде штатов. Во всех указанных месторождениях — в пегматитах.
- Э. н. м. — от греч. петалон — лист, пластинка — по форме кристаллов.

227. Лепидолит



Алюмосиликат из группы слюд

- Х. с. — более сложный, чем дано по формуле; обычно лепидолит содержит Rb_2O до 3,73% и Cs_2O до 0,72%. Содержание Li_2O колеблется около 5—6%, количество фтора доходит до 8%.
- К. с. — моноклиная, псевдогексагональные чешуйки.
- О. ф. — обычно агрегаты мелких чешуек или сплошные массы.
- Сп. — совершенная по (001).
- Цв. — розовый, персиково-красный, сиреневый, желтый, серый, белый.
- Бл. — перламутровый и стеклянный.
- О. с. — листочки, менее упругие, чем у мусковита, легче ломаются.
- Тв. — 2,5—4.
- Уд. в. — 2,8—3,3.
- Исп. — плавится в белую эмаль, кислотами разлагается после плавления, дает реакцию на литий, часто на фтор, рубидий и цезий.
- Опт. — отрицательный, $2V$ от 0 до 52° , рельеф низкий до умеренного, сильное двойное лучепреломление. $Ng - Np = 0,028$; плеохроизм: x — бесцветный, y — розовый, фиолетовый, z — розовый, фиолетовый.

- Разн. — кукеит — плотный лепидолит; предполагают, что он образовался от разложения литиевого турмалина.
- Ген. — образуется главным образом в гранитных пегматитовых жилах в парагенезисе с полихромным турмалином, сподуменом, воробьевитом, ортоклазом, альбитом.
- Прим. — руда на литий, иногда цезий.



Фиг. 138. Лепидолит на полевом шпате.

- Гл. м. — Свердловская обл. дер. Липовка (см. петалит); Читинская обл., Борщовочный кряж, дер. Савватеево (турмалин, воробьевит, кварц, ортоклаз, альбит). За границей — Моравия, о. Уте, Цинвальд в Германии, США — Мен, Калифорния и др.
- Э. н. м. — дано по форме кристаллов от греч. лепис — чешуйка, литос — камень.

НИОБОВЫЕ И ТАНТАЛОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Ниобий (колумбий) и тантал — пятивалентные элементы пятой группы.

Nb или Sb (колумбий), атомный вес 93,3; порядковый номер 41.

Ta — атомный вес 181,4; порядковый номер 73.

Nb — радиус атома 1,46 Å, радиус иона 0,69 (?) Å. Кларк $6 \cdot 10^{-6}$.

Ta — радиус атома 1,46 Å, радиус иона 0,69 (?) Å. Кларк $2,3 \cdot 10^{-6}$.

Ввиду тождественности радиусов ионов они легко друг друга замещают.

Уд. в. Nb = 8,56; температура плавления 1950°;

Уд. в. Ta = 16,6; температура плавления 3027°.

В 1801 г. англичанин Гетчет открыл колумбий, в 1802 г. немец Экеберг снова открыл этот элемент под именем ниобия. Немецкий ученый Розе в 1844 г. из танталита выделил тантал (название взято из греческой мифологии).

Ниобий и тантал образуют с кислородом главным образом пятиокиси, дающие соответствующие кислоты и соли.

Тонко измельченный ниобиевый минерал прокаливают в пробирочке с KHSO_4 ; после полного разложения пробирочку вращают и наклоняют так, чтобы расплав застыл в виде тонкой корочки по краям пробирки; прибавляют HCl и кипятят с оловянной фольгой; по другому методу сплавляют с 15 объемами буры и растертые перлы обрабатывают HCl и Sn ; в результате получается голубое окрашивание, которое после кипячения переходит в бурое, а от прибавления воды исчезает.

Тантал определяется преимущественно спектроскопически. Танталовые минералы обрабатываются HF или сплавляются с кислым серноокислым калием; из раствора тантала HCl дает белый осадок, растворимый в избытке реактива с образованием опалесцирующего раствора.

Металлический ниобий и тантал поглощают большое количество газа. Эти металлы применяются в антикоррозионных и сверхтвердых сплавах, в электротехнике, в изготовлении кислотоупорной химической аппаратуры.

Ниобиевые и танталовые минералы образуются в гранитных пегматитах в соединении с редкими землями, титаном, железом, также с ураном, торием, цирконием, оловом; в пегматитах нефелиновых сиенитов и на контактах нефелиновых сиенитов с известняками; наконец, накопление тяжелых тантало-ниобиевых минералов происходит в россыпях.

Главнейшие минералы следующие:

Колумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$

Танталит $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$

Тапиолит $\text{Fe}(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$

Моссит $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$

Ильменорутил $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6 \cdot \text{TiO}_2$

Айналит $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6 \cdot \text{SnO}_2$

Стибиоколумбит $(\text{SbO})_2 \cdot (\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$

Стибиотанталит $(\text{SbO})_2 \cdot (\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$

Фергусонит $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}) \cdot (\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4$

Самарскит $(\text{Fe}, \text{Ca}, \text{UO}_2)_3(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce})_2[(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7]_3$

Иттротанталит $\text{Y}_4(\text{Ta}_2\text{O}_7)_3$

Эшинит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Er})_2\text{Nb}_4\text{O}_{13} \cdot (\text{Ce}, \text{La}, \text{Er})_2(\text{Ti}, \text{Th})_5\text{O}_{13}$

Из них рассмотрим только два первых минерала.

228. Колумбит

$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$

Х. с. — ниобат железа и марганца с примесями W , Sn , Zr ;
ниобий изоморфно замещается танталом.

К. с. — ромбическая.

- О. ф. — кристаллы короткопризматические или табличатые, обычно вросшие; агрегаты кристаллов, сплошные скопления.
- Сп. — ясная.
- Цв. — железо-черный до буровато-черного, черта черная или вишнево-красная.
- Тв. — 6.
- Уд. в. — 5,37—6,39.
- Исп. — перед паяльной трубкой не изменяется, кислота не действует, сплавляется с кислым серноокислым калием; $Nm = 2,40—2,45$.
- Ген. — пегматитовые жилы.
- Гл. м. — Елисеевка (Днепропетровская обл., УССР) — очень крупные кристаллы в парагенезисе с альбитом, жильбертитом, ганитом, бериллом, бетафитом, висмутином (см. танталит).
- Э. н. м. — по имени Колумба (минерал впервые открыт был в Америке).

229. Танталит¹ (Fe, Mn) Ta₂O₆

- Х. с. — танталит железа и марганца с изоморфным замещением тантала ниобием.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — как у колумбита.
- Тв. — 6.
- Уд. в. — 6,5—7,30.
- Исп. — те же, что для колумбита.
- Ген. — см. общую часть.
- Гл. м. — Челябинская обл. — Ильменские горы; пегматиты Кырк-булак — в Туркестанском хребте; Алтын-тау в Кызыл-Куме; Завитинское месторождение в Амурской обл. и др. За границей месторождения многочисленны: Гренландия (Ивигтут), Норвегия (Крагеро), Бразилия (Минас Герасс), Мадагаскар и др.
- Э. н. м. — по химическому элементу.

МИНЕРАЛЫ ТИТАНА

Титан (Ti) — трех- и четырехвалентный элемент четвертой группы. Атомный вес 47,9; порядковый номер 22; изотопы 48, 50.

Радиус атома 1,45 Å, радиус ионов 0,69 Å и 0,64 Å. Удельный вес 4,49; температура плавления 1800°. Кларк 0,22.

Титан открыт Клапротом в 1796 г., но еще до него в 1789 г. англичанин Грегор открыл „механин“ из титанистого магнитного железняка.

В химии земной коры играют роль кислородные соединения титана.

¹ Танталит и колумбит дают изоморфные смеси друг с другом.

Титан имеет следующие окислы: TiO_2 , Ti_2O_3 , TiO и др.

TiO_2 является ангидридом титановой кислоты; ее соли называются титанатами, например титанат кальция $CaTiO_3$ — перовскит и др.

Титан образует сплавы с большинством металлов. Применяется он главным образом в металлургии стали; также в химической и красочной промышленности, в керамике и стекольной, текстильной, кожевенной промышленности, пиротехнике и т. п.

Титан является довольно распространенным элементом; с одной стороны, он входит в состав оливина, роговой обманки, биотита, с другой стороны, концентрируется в титанистых железняках и перовските в связи с основными породами, а также в рутиле и титаните в связи с кислыми и щелочными породами. Он входит, кроме того, в обширную ассоциацию минералов, связанных с щелочной магмой. Ввиду устойчивости некоторых титановых минералов они накапливаются в россыпях.

Всего имеется около 70 минералов титана. Ниже приводим неполный список этих минералов:

Рутил } TiO_2
Брукит }
Анализ }
Ильменит $FeTiO_3$
Ильменорутил $FeNb_2O_6Ti_2O_6$
Псевдобрукит Fe_2TiO_5
Титанит $CaTiSiO_5$
Перовскит $CaTiO_3$
Кнопит $mCaTiO_3 \cdot nCe_2O_3$
Астрофиллит — титаносиликат Fe, Mn, K, Na
Лампрофиллит — титаносиликат Sr и Na
Мозандрит — титаносиликат Ce, Ca, Na
Нептунит $(Na, K)_2(Fe, Mn)(Si, Ti)_5O_{12}$
Лопарит $(Na, Ce, Ca)_2(Ti, Nb)_2O_6$
Мурманит — водный ниоботитаносиликат Na, Ca, Mn
Юкспорит — ниоботитаносиликат щелочей Ca, Sr, Ba
Ферсманит — ниоботитаносиликат Ca и Na
Хлопинит — ниоботитанат U, Th
Льюисит $5CaO \cdot 2TiO_2 \cdot 2Sb_2O_5$
Пироклор $(Na, Ca)_2(Nb, Ti)_2(O, F)_7$
Варвикит $(Mg, Fe)_3TiB_2O_8$

Из этого списка будут рассмотрены: рутил, ильменит, титанит, перовскит.

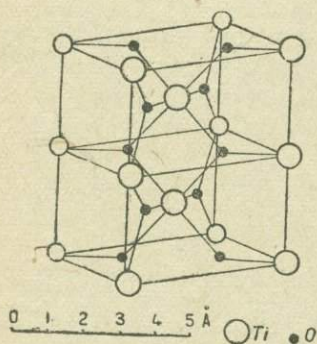
230. Рутил — брукит — анализ TiO_2

Х. с. — полиморфные разновидности окиси титана; рутил более устойчивая разновидность, часто встречается примесь $FeTiO_3$.

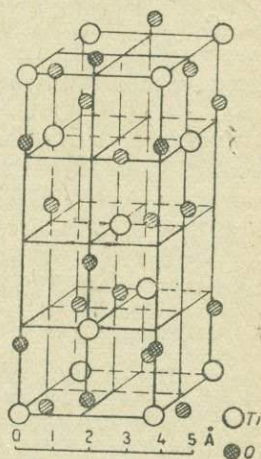
К. с. — рутил — тетрагональный (фиг. 139); анализ — тетрагональный (октаэдрит) (фиг. 140); брукит — ромбический. (Далее рассматривается только рутил.)

О. ф. — тетрагональная призма в комбинации с бипирамидами; часты коленчатые двойники; игольчатые формы, прорастающие кварц (сагениит) (фиг. 141).

- Сп. — по (100) и (110).
 Цв. — красный, красновато-бурый, красновато-черный, бурый.
 Бл. — металлический, алмазный.
 Тв. — 6—6,5.
 Уд. в. — 4,2.
 Исп. — не плавится, не растворим в кислотах, с фосфорной солью дает отчетливый перл титана; последний растворяют в серной кислоте, разбавляют водой и прибавляют несколько капель H_2O_2 , получается янтарно-желтый раствор. Можно расплавить рутил в кислom серноокислом калии и далее проделать ту же реакцию.



Фиг. 139. Структура рутила.



Фиг. 140. Структура анатаза.

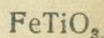
Ген. — аксессуарный минерал в виде мелких зерен в изверженных породах; образуется также на контактах, в пегматитовых и гидротермальных жилах. На поверхности очень устойчив.

Прим. — руда на титан.

Гл. м. — СССР — в корундо-андалузитовом месторождении Семиз-Бугу (Казахстан); Свердловская обл. (Теплые горы) и др.; Челябинская обл. и Нер-Ойка (полярный Урал); Капуджих в южной Армении. Минерал распространенный. За границей — Арендаль в южной Норвегии.

Э. н. м. — лат. рутилус — красный.

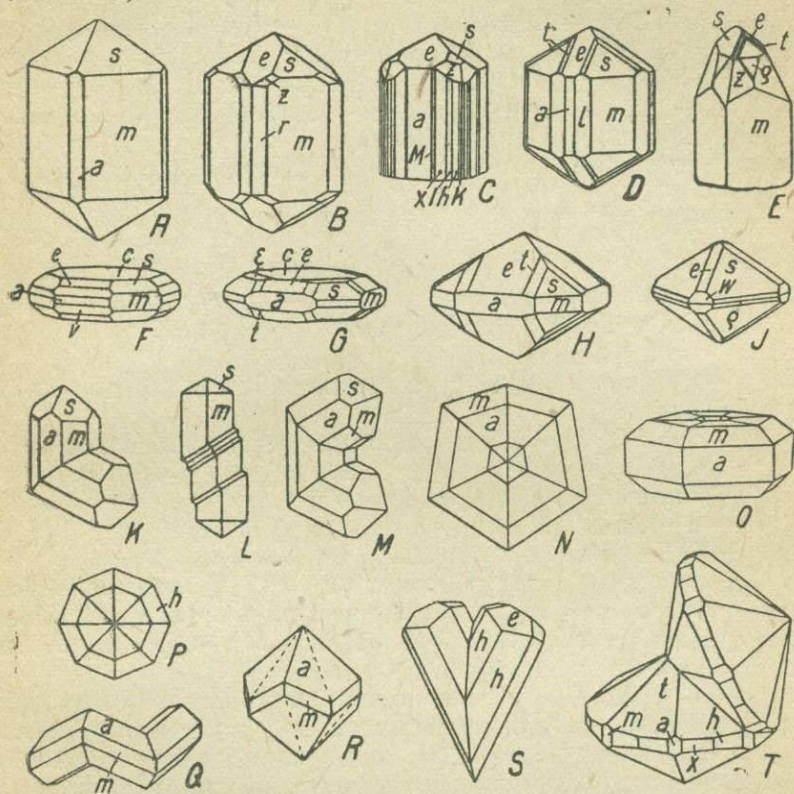
231. Ильменит



Титанистый железняк

Х. с. — титанат железа; Ti — 31,6%; Fe — 36,8%; O — 31,6%; примеси окиси железа.

- К. с. — гексагональная — тригональная.
 О. ф. — табличатая; зернистые и плотные массы; часто тесные сростания с магнетитом и гематитом.
 Цв. — черный.
 Бл. — металлический.
 О. с. — слабо магнитен, иногда немагнитен.
 Тв. — 5—6.
 Уд. в. — 4,5—5.



Фиг. 141. Кристаллические формы Рутила.

α (100), m (110), M (920), x (410), l (310), h (210), r [(320), h (540), e (221), s (111), a (117), w (501), v (301), e (101), z (321), t (313). Месторождения: А, В, К, М—Урал; С—Минас Гераес; D—Модриях; E—Варзо; F, G—Горносиберг; H—Бинненталь, J—Ильменские горы; L—Швейцария; N, O, Q, R—Гравес Маунт; P—Арканзас; S—Бразилия; T—Стилдупаль. Фиг. А представляет типичную простую кристаллическую форму рутила.

Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; с плавнями неотчетливая реакция; порошок плохо разлагается в HCl; декантированный раствор, нагретый с оловянной фольгой, принимает синий или фиолетовый цвет.

Ген. — магматогенный, с магнитным железняком (титаномагнетит), в основных и щелочных породах. Образует тонкие прорастания в плагиоклазах, роговой

обманке, пироксенах; в крупных кристаллах образуется в пегматитах и на контактах; устойчив в россыпях.

Искусственно был получен путем сплавления хлорного железа (FeCl_3) и окиси титана (TiO_2).

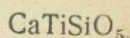
Прим. — главная руда на титан.

Разн. — базаномелан — железная слюдка, состоящая из FeTiO_3 и Fe_2O_3 .

Гл. м. — в СССР — Челябинская обл. — Ильменские горы (в сиенитах с ильменорутилом); Юбрешкин камень; Хибины (в нефелиновых сиенитах и их пегматитах). За границей — Экерзунд — Зоггендаль в Норвегии (шидры и жилы в габбро).

Э. н. м. — по Ильменским горам, где впервые был изучен.

232. Титанит



Сфен

Х. с. — титаносиликат кальция; TiO_2 — 40,8%; SiO_2 — 30,6%; CaO — 28,6%; иногда содержит редкие земли.

К. с. — моноклиная.

О. ф. — плоские клиновидные кристаллы; обычно двойники.

Сп. — ясная.

Цв. — бурый, коричневый, черный, желтый, розовый, красный, зеленый.

Бл. — алмазный, иногда смолистый.

Тв. — 5—5,6.

Уд. в. — 3,4—3,56.

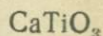
Исп. — плавится, вспучиваясь; в H_2SO_4 растворяется, раствор от H_2O_2 окрашивается в оранжево-желтый цвет. $+2V=28^\circ$ $Nm=1,905$; $Ng-Np=0,109$. Заметный плеохроизм.

Ген. — магматогенный, пегматиты, контакты, метаморфические сланцы; скапливается в россыпях. Иногда является вторичным продуктом при изменении других титановых минералов; такой титанит называется лейкоксеном.

Гл. м. — Мурманская обл.; Хибинские тундры — в нефелиновых сиенитах, в апатито-сфеновых породах Кукисвумчорра и Юкспора. Челябинская обл. — Ильменские и Вишневые горы (в сиенитах); Нер-Ойка — на полярном Урале (в жилах альпийского типа); Назямские горы (в контактах).

Э. н. м. — по химическому составу, сфен от греч. клин или топор по форме кристаллов (сфеноидов).

233. Перовскит



Х. с. — титанат кальция; TiO_2 — 58,9%; CaO — 41,1%; при-
меси редких земель и закиси железа.

К. с. — псевдокубическая.

- О. ф. — кубы, часто исстрихованные, тесные двойники прораствания по (111) и (110).
- Цв. — железо-черный, черный, коричневый, красноватый.
- Тв. — 5,5—6.
- Уд. в. — 4.
- Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; разлагается при помощи сплавления с кислым сернокислым калием, разлагается также в кипящей серной кислоте; раствор окрашивается в оранжево-желтый цвет от H_2O_2 .
- Разн. — кнопит — перовскит с содержанием Se_2O_3 до 7% и следами Nb_2O_5 .
- Ген. — образуется в основных щелочных породах, на контактах с мрамором и в талько-хлоритовых сланцах.
- Гл. м. — Челябинская обл. — Ахматовская копь (контакты); в основных интрузиях Кольского полуострова — кнопит.
- Э. н. м. — в честь Перовского.

НИКЕЛЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Никель (Ni) — металл восьмой группы, в минералах встречается обычно в двухвалентной форме.

Атомный вес 58,69; порядковый номер 28; изотопы 58, 60.

Радиус атома 1,24 Å, радиус иона 0,78 Å. Кларк $6 \cdot 10^{-3}$.

Удельный вес 8,6—8,9; температура плавления 1452°.

Никель был открыт Кроншtedтом в 1750 г.

В воде растворимы следующие соли никеля: хлористые, бромистые, иодистые, азотнокислые и сернокислые; гидрат, карбонат, фосфат, арсенат и силикаты не растворимы в воде.

Русским ученым Чугаевым был предложен реактив для определения никеля — диметилглиоксим, который дает с солями никеля кошенильно-красный осадок.

Никель применяется главным образом в сплавах с железом, для никелирования преимущественно железа, предохраняемого им от окисления; применяется также в химической промышленности как катализатор.

В ряде стран сплавы никеля служат мелкой разменной монетой. Целый ряд сплавов с медью и цинком (нейзильбер) применяются для изготовления предметов домашнего обихода.

Сплавы никеля с марганцем (манганом) или с хромом (нихрот), никель с медью (константом) применяются в нагревательных приборах и аппаратах.

Главная масса никеля концентрируется в ультраосновных породах совместно с магнием, который он изоморфно замещает. При разрушении этих пород в коре выветривания никель концентрируется в водных силикатах, откуда и добывается главное его количество. Кроме этого никель дает ряд минералов с серой и мышьяком в гидротермальных жилах и на контактах.

По акад. А. С. Ферсману всего насчитывается 46 никелевых минералов, из них: самородных 2, сернистых 20, окислов 2, карбонатов 1, силикатов 12, арсенатов и ванадатов 8, сульфатов 1.

Ниже приводится список минералов, содержащих никель:

Аваруит Ni_2Fe
 Герсдорфит $NiAsS$
 Коринит $Ni(As, Sb)S$
 Ульманнит $NiSbS$
 Маухерит Ni_3As_2
 Раммельсбергит $NiAs_2$
 Хлоантит $NiAs_2$
 Полидимит Ni_2S_4
 Горбахит $(Fe, Ni)_2S_3$
 Миллерит NiS
 Бейрихит NiS
 Пентландит $(Fe, Ni)S$
 Никелин $NiAs$
 Бравонит $(Fe, Ni)S_2$
 Брейдгауптит $NiSb$
 Мелонит Ni_2Te_3
 Буизенит NiO
 Оливин $(Mg, Fe...Ni)_2SiO_4$
 Серпентин $(Mg, Fe...Ni)_2SiO_4 \cdot MgSiO_3 \cdot 2H_2O$
 Гарниерит } $(Ni, Mg)O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$
 Ревдинскит }
 Заратит $NiCO_3 \cdot 2Ni(OH)_2 \cdot 4H_2O$
 Моренозит $NiSO_4 \cdot 7H_2O$
 Аннабергит $Ni_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$

Из них рассмотрим только аваруит, пентландит, никелин, миллерит и гарниерит, являющиеся главными рудными минералами на никель, и отметим индикаторы — заратит, моренозит и аннабергит.

234. Аваруит

Ni_2Fe

- Х. с. — твердый раствор никеля и железа; $Ni — 67,7\%$;
 $Fe — 32,3\%$.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — октаэдры, неправильные выделения или сплошные массы.
 Сп. — по кубу.
 Изл. — крючковатый минерал. Ковкий и тягучий.
 Бл. — металлический.
 Цв. — железо-серый, цвет черты железо-серый.
 Тв. — 4,5.
 Уд. в. — 7,3—7,8.
 Исп. — перед паяльной трубкой не плавится; действует на магнитную стрелку. Растворим в разведенных кислотах.
 Ген. — встречен в металлических метеоритах, известны также выделения в основных породах.

На земной поверхности никелистое железо более устойчиво, чем самородное железо, и как таковое сохраняется в россыпях.

Гл. м. — Новая Зеландия — залив Аваруабай.

Э. н. м. — по местности Аваруабай в Новой Зеландии.

235. Пентландит

(Ni,Fe)S

Железо-никелевый колчедан

- Х. с. — сульфид никеля и железа; Ni—22%; Fe—42%; S—36%.
- К. с. — кубический, может быть, гексагональный.
- О. ф. — сплошной зернистый.
- Сп. — по октаэдру.
- Цв. — светлобронзово-желтый, томпаково-бурый, красноватый.
- Бл. — металлический в свежем изломе, поверхность тусклая.
- Тв. — 3,5—4.
- Уд. в. — 5,0.
- Исп. — плавится, не магнитен, дает реакцию на серную печень, железо и никель; хорошо полируется: всегда видна спайность, чем отличается от пирротина.
- Ген. — магматогенный, контактовый, кроме этого, образуется в термальных жилах; встречается с оливином, серпентином, пирротинном, пиритом, миллеритом, спериллитом.
- Прим. — главная руда на никель.
- Гл. м. — Мурманский край — в штоках и жилах габбро и пироксенитов Монча- и Волчьей тундры; Красноярский край: Норильское месторождение — гнезда и жилы сульфидов в габбро-диабазе. За границей Сёдбери в Канаде — крупнейшее в мире месторождение никеля — сегрегации сульфидов у контакта норита и гранита: пентландит, полидимит, пирротин, сперилит и др.
- Э. н. м. — в честь первого исследователя этого минерала Пентланда.

236. Миллерит

NiS

Волосистый колчедан

Желтый никелевый колчедан

- Х. с. — сульфид никеля.
- К. с. — гексагональная — тригональная.
- О. ф. — волосистые и игольчатые кристаллы, иногда в радиально-лучистых или спутанных скоплениях.
- Цв. — латунно-желтый, бронзово-желтый.
- Бл. — металлический.
- Тв. — 3—3,5.

Уд. в. — 5,3—5,6.

Исп. — плавится; реакция на никель и серу.

Ген. — среди магматических основных пород в парагенезисе с оливином, пентландитом, пирротином; мезотермальные жилы с пиритом, халькопиритом и др.; искусственно миллерит был получен путем нагревания до 80° раствора сероокислого никеля при насыщении его сероводородом.

Э. н. м. — в честь кристаллографа Миллера.

237. Никелин — купферникель

NiAs

Х. с. — Ni — 43,9%; As — 56,1%; обычно с примесью Fe, Co, S.
К. с. — гексагональная.

О. ф. — кристаллы встречаются редко; обычно сплошные плотные массы.

Цв. — бледно медно-красный.

Бл. — металлический.

Тв. — 5—5,5.

Уд. в. — 7,33—7,67.

Исп. — плавится, дает возгон и налет мышьяка; после растворения дает реакцию на никель.

Ген. — гипотермальные и мезотермальные жилы и контакты в парагенезисе с хлоантитом, висмутом, серебряномышьяковыми минералами, пирротином, пиритом, халькопиритом, кварцем, баритом и др.

Синтетический никелин был получен при действии сероводорода и паров мышьяковой кислоты на $NiCl_2$ при красном калении.

Гл. м. — Новосибирский край — Тельбесские контактовые месторождения магнетита в пироксеновом и амфиболовом скарне с гранатом, апатитом, сульфидами.

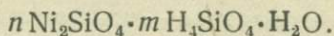
Э. н. м. — никелин — по химическому составу; купферникель от немецкого слова купфер — медь — по цвету минерала.

238. Гарниерит

$(Ni, Mg)O \cdot SiO_2 \cdot m H_2O$

Х. с. — в группу гарниерита входит много разных минералов; все они представлены коллоидальными образованиями не вполне определенного химического состава.

Акад. В. И. Вернадский рассматривает их как продукт присоединения к ортосиликатам общей формулы:



Сюда входят ревинскит, нумейт, непуйт и другие водные никелевые силикаты, отличающиеся друг от друга содержанием воды и кремнезема.

К. с. — скрытокристаллический, аморфный.

- О. ф. — радиально-лучистые, плотные, натечные и пористые массы.
- Цв. — зеленоватый, зеленый разных оттенков.
- Тв. — 2,5—3,5.
- Уд. в. — 2,3—2,8.
- Исп. — реакция на никель, кремнезем и воду; разлагается HCl . $Nm = 1,59$ (для плотных разностей); $Np = 159$ — для радиально-лучистых поперек волокна; $Ng = 1,61$ — вдоль волокна.
- Ген. — образуется в коре выветривания при разрушении основных пород, содержащих изоморфные примеси никеля в силикатах магнезия, в оливине и змеевике. При этом процессе получают карбонаты магнезия, опал, гидраты железа и марганца и водные силикаты никеля.
- Прим. — главная руда на никель.
- Гл. м. — Свердловская обл. — Ревдинская и Уфалейская дачи; Чкаловская обл. — Аккермановское Ni-Co-месторождение, также Халиловское месторождение. За границей — Новая Каледония.
- Э. н. м. — по открывателю никелевых руд в Новой Каледонии Ю. Гарнье.
Индикаторы на никель — зеленые выцветы на выходах никелевых месторождений.

239. Заратит $\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Никелевый изумруд, основной карбонат никеля.
240. Моренозит $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Никелевый купорос.
241. Аннабергит $\text{Ni}_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Никелевые цветы, водный арсенат никеля.

ХРОМОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Хром (Cr) — трех- и шестивалентный элемент шестой группы. Атомный вес 52,01; порядковый номер 24; изотопы 50, 52, 53, 54.

Радиус атома 1,28 Å, радиус иона 0,64 Å, 0,3 Å — 0,4 Å.

Уд. вес 6,9—7,2; температура плавления 1765°. Кларк $9 \cdot 10^{-3}$.

Хром открыт Вокеленом в 1797 г.

Следующие соединения трехвалентного хрома не растворимы в воде: гидрат, хромат, силикат, фосфат, арсенат и борат; следующие соединения шестивалентного хрома — хроматы — не растворимы в воде: бария, никеля, кобальта, серебра, свинца, висмута, олова, сурьмы.

Перл буры окрашивается в окислительном пламени от присутствия хрома в зеленый, а в восстановительном в желто-

вато-зеленый цвет; перл фосфорной соли в окислительном и в восстановительном пламени окрашивается в зеленый цвет.

Хром применяется для специальных сортов стали в сплавах с железом, никелем, ванадием, вольфрамом, молибденом, кобальтом; проволоки с низкой электропроводностью; для изготовления красок, для дубления; хромит, кроме этого, употребляется как основной огнеупор.

Главная масса хрома концентрируется в ультраосновных и основных породах — в минерале хромите.

Главнейшие минералы хрома следующие:

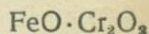
Добреелит $\text{FeS} \cdot \text{Cr}_2\text{S}_3$ минерал метеоритов
 Хромит $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$
 Пикотит $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot (\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_3$ хромовая шпинель
 Крокоит PbCrO_4
 Меланохroit (фёникохroit) $2\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$
 Лаксманнит $(\text{Pb}, \text{Cu})_3 (\text{PO}_4)_2 (\text{Pb}, \text{Cu})_3 \text{P}_2\text{O}_8$
 Тарапакит K_2CrO_4
 Дитцеит $\text{CaCrO}_4 \cdot 7\text{CaJ}_2\text{O}_8$
 Вокеленит $2(\text{Pb}, \text{Cu})\text{CrO}_4 \cdot (\text{Pb}, \text{Cu})_3 \text{P}_2\text{O}_8$
 Иоссаит $(\text{Pb}, \text{Zn})\text{CrO}_4$
 Березовит $2\text{PbO} \cdot 3\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbCO}_3$
 Уваровит $\text{CaCr}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaSiO}_4$ гранат
 Фуксит $\text{H}_4\text{K}_2 \text{Al}, \text{Cr})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$ хромовая слюдка
 Кеммерерит $\text{H}_4\text{Mg}_2\text{Cr}_2\text{SiO}_9$ (хлорит)
 Волконскоит $\text{H}_2(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (каолинового типа глина)

По акад. Вернадскому, хром относится к первому ряду изоморфных элементов (Al, Fe, Cr, Mn, Ti, V (Y), V). Кроме собственно хромовых минералов, этот элемент находится в виде примеси в целом ряде минералов, как, например:

	Содержание Cr_2O_3 (в %)	
Хром-турмалин	до	14%
Пиrop (гранат)	„	4
Хром-берилл	„	0,3
Хром-оливин	„	0,8
Аквинолит	„	2,0
Хром-диопсид	„	7,0
Хром-эпидот	„	10
Хром-жадеит	„	0,4

Из всего приведенного списка минералов хрома нами рассматриваются: хромит — главная руда на хром, крокоит, уваровит, пикотит и волконскоит.

242. Хромит



Хромистый железняк

Х. с. — хромат железа; Cr_2O_3 — 68,0%; Fe — 32,0%; железо частично замещается магнием, а хром — железом и алюминием.

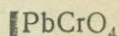
Этот минерал обычно относят к группе шпинели (см. выше — изоморфный ряд хрома).

К. с. — кубическая.

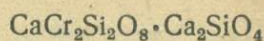
О. ф. — октаэдры; обычно сплошные, зернистые и плотные массы.

- Цв. — черный.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 5,5.
 Уд. в. — 4,3—4,5.
 Исп. — перед паяльной трубкой не плавится, в восстановительном пламени становится магнитным; перл буры и фосфорной соли окрашивается в красивый зеленый цвет; кислоты не действуют; разлагается сплавлением с кислым серноокислым калием.
- Ген. — выделения в основных и ультраосновных изверженных породах, обычно представляет вкрапленную руду.
- Прим. — главная руда на хром.
- Гл. м. — Свердловская — Сарановская группа месторождений, близ ст. Хромпик — Гологорская группа, Ключевская, Алапаевская группа; Челябинская обл. — Миасский район; Башкирская АССР — Тунгатаровская группа и др.; Чкаловская обл. — Халиловский рудник. Всюду месторождения большей частью представлены жилами, штоками и вкрапленностью хромита в основные породы — дуниты, змеевики и др. За границей — в Индии, Южной Родезии, Новой Каледонии, в Греции и Турции — Бруса и др.
- Э. н. м. — по химическому составу.

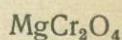
243. Крокоит



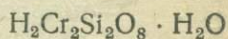
- Х. с. — хромат свинца; $[\text{CrO}_3 — 31,1\%; \text{PbO} — 68,9\%$ (хром шестивалентный).
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — призматические вытянутые кристаллы разнообразного вида, иногда похожие на реальгар.
- Сп. — ясная.
- Цв. — шафранный, желтовато-красный, красный.
- Бл. — алмазный.
- Тв. — 2,5—3.
- Уд. в. — 5,9—6,0.
- Исп. — легко плавится, на угле дает королек свинца, с фосфорной солью — зеленый перл, разлагается в горячей соляной кислоте.
 $+ 2V = 57$; $Nm = 2,37$; $Ng - Np = 0,35$.
- Ген. — образуется в зоне окисления свинцовых руд с присутствием хромовых соединений. Искусственно был получен при действии азотнокислого свинца на хромовокислый калий.
- Гл. м. — Свердловская обл. — Березовский рудник — в зоне окисления кварцевых рудных жил — с малахитом, пироморфитом, англезитом, церусситом.
- Прим. — индикатор на хром и свинец; в случае больших количеств — природная краска.
- Э. н. м. — от греч. крокос — шафран — по цвету минерала.

244. Уваровит

- Х. с. — продукт присоединения к хромосиликатам, хромовый гранат.
К. с. — кубическая.
О. ф. — мелкие ромбические додекаэдры и корочки на хромите.
Цв. — яркозеленый, изумрудно-зеленый.
Тв. — 7,5.
Уд. в. — 3,42—3,52.
Ген. — вторичный минерал в связи с хромистыми железняками.
Гл. м. — Свердловская обл. — Сарановские хромитовые копи.
Э. н. м. — в честь Уварова.

245. Пикотит**Хромовая шпинель**

- Х. с. — хромат магния, хромовая шпинель иногда содержит алюминий и железо.
К. с. — кубическая.
О. ф. — мелкие октаэдры, зерна, вкрапленники.
Цв. — серовато-бурый, коричневатый, зеленовато-коричневый.
Тв. — 8.
Уд. в. — 4,08.
Исп. — показатель преломления 2,05.
Ген. — ультраосновные породы в парагенезисе с оливином, хромитом, платиной и др.
Гл. м. — Свердловская обл. — гора Соловьева. Новая Зеландия — гора Дун.
Э. н. м. — в честь Пико де ла Перуза, описавшего этот минерал.

246. Волконскоит

- Х. с. — водная хромово-кремневая кислота, каолин, в котором почти весь алюминий замещен хромом; постоянные примеси алюминия, железа, кальция и магния.
О. ф. — коллоидальный, желваки и почкообразные скопления.
Цв. — травяно-зеленый, серовато-зеленый.
Бл. — жирный.
Тв. — 1—1,5.
Уд. в. — 2,2—2,3.
Ген. — экзогидатогенный, но не вполне ясный; возможно, в связи с деятельностью нефтяных вод.
Прим. — зеленая краска и индикатор на хром.
Гл. м. — Кировская обл. — Ухтымское месторождение; Пермская обл. — гора Ефимятская и другие в Оханском районе. Месторождения связаны с глинами и песками.
Э. н. м. — в честь Волконского.

МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

Осмий, иридий и платина принадлежат к восьмой группе. Осмий (Os) — атомный вес 191,5; порядковый номер 76; изотопы 186, 187, 188, 189, 190.

Радиус атома 1,34 Å, радиус иона 0,67 Å. Кларк $5 \cdot 10^{-7}$.
Уд. в. 22,48; температура плавления 2600°.

Иридий (Ir); атомный вес 193,1; порядковый номер 77.

Радиус атома 1,35 Å, радиус иона 0,66 Å. Кларк $1 \cdot 10^{-7}$.
Уд. в. 22,65; температура плавления 2440°.

Платина (Pt); атомный вес 195,23; порядковый номер 78.

Радиус атома 1,38 Å. Кларк $4 \cdot 10^{-7}$.

Уд. в. 21,4; температура плавления 1762°.

Платина была известна в Америке в глубокой древности; как химический элемент она выделена в 1750 г. Ватсоном. Осмий и иридий открыты Тенантом в 1804 г.

Платина дает неустойчивые соединения с кислородом; с серой дает сульфид PtS, с хлором — хлориды PtCl, PtCl₂, PtCl₄; платина дает ряд комплексных солей, производных хлороплатиновой (H₂PtCl₆) и цианоплатиновой кислот (H₂Pt(CN)₄).

Платина принадлежит к одиннадцатому изоморфному ряду (Pt, Fe, Pd, Ir, Rh, Cu). Иридий относится к 11-му и 12-му рядам, а осмий только к двенадцатому ряду (Os, Ru, Rh, Ir).

Платиновые металлы в земной коре концентрируются в ультраосновных породах, где они выделяются в самородном виде, образуя самородные минералы; после разрушения этих пород платина попадает в россыпи, откуда она обычно и добывается.

Минералы платиновой группы:

Самородная платина Pt
Сперилит PtAs₂
Нигглит PtTe₃
Куперит PtS
Браггит (Pt, Pd, Ni)S
Сысерскит IrOs
Невьянскит OsIr

Из них рассмотрим самородную платину, невьянскит и сысерскит.

247. Платина

Pt

Х. с. — твердый раствор платины, железа, иридия и палладия:

самородная платина — Pt — 100%;
поликсен — Pt — 80—92%; Fe — 6—10%;
ферроплатина — Pt — 77—81%; Fe — 14—20%;
Ir — 1—25%;
иридная платина — Pt Ir;
палладистая платина — Pt Pd.

- К. с. — кубическая.
- О. ф. — кристаллы встречаются редко, обычно в виде зерен, пластинок и чешуек, кусков разнообразной величины (самородков); самородки редко достигают веса нескольких килограммов.
- Сп. — нет.
- Цв. — белый, стально-серый, серебрино-белый; такой же цвет черты.
- Бл. — металлический, желтоватые разности; блеск бывает не блестящий, а матовый.
- Тв. — 4—4,5.
- Уд. в. — 14—19, плавленной — 21,46.
- Исп. — сильные кислоты HF, HCl, HNO₃, H₂SO₄ даже при нагревании не действуют на платину, но она растворяется в свежеприготовленной царской водке HNO₃ + 3HCl. Сера, фосфор, мышьяк, кремний, сурьма, углерод при накаливании действуют на платину; она сплавляется с цинком, свинцом, оловом, медью, золотом, серебром и другими металлами; ртуть в присутствии амальгамы натрия образует платиновую амальгаму. Платина иногда магнитнополярна. Большой удельный вес, неплавкость и нерастворимость в крепких кислотах характеризуют платину.
- Ген. — выделяется в ультраосновных глубинных породах типа дунитов и перидотитов, в ассоциации с хромитом и хромовой шпинелью — пикотитом; выделяется также в основных породах, например в габбро-диабазе, пироксенитах, в ассоциации с пирротином, халькопиритом, пентландитом, сперрилитом; реже встречается в ассоциации с более кислыми породами (например сиенитами и др.). Как вторичный минерал выделяется по разрушению платиновых минералов (например сперрилита). Самородная платина является устойчивым минералом и накапливается в россыпях, служащих главным источником ее добычи.
- Прим. — во всех странах является валютным металлом; применяется в лабораторной технике, зубоврачебном и ювелирном деле.
- Гл. м. — Свердловская обл. Россыпи Нижнетагильского и Бисерского районов; коренные месторождения — гнезда, шилры, столбообразные выделения платины с хромитом в дунитах горы Соловьевой (Нижнетагильский район), также в Исовском, Николо-Павдинском и других районах; платина в пироксените, с магнетитом, диопсидом, хромитом — горы Качканар и Гусевы. Красноярский край — низовья Енисея, Норильское месторождение платины в габбро-диабазе (траппе) с магнетитом и сульфидами. Армянская ССР — отдельные зерна платины в змеевиках у оз. Севан. За границей: Колумбия (в змеевиках, главным образом

россыпи. Южная Африка, Бушвельдский основной массив к северу от Претории—Линдебург).

248—249. Сысерскит и невянскит

OsIr — IrOs

Х. с. — невянскит: IrOs; Ir—46,8—77,2; Os—21,0—49,3; сысерскит: O_3Ir ; Ir—17,0%; Os—67,9%.

К. с. — гексагональная.

О. ф. — пластинчатые шестиугольные и треугольные характерные двойные сростания (фиг. 142).

Сп. — по пинакоиду.

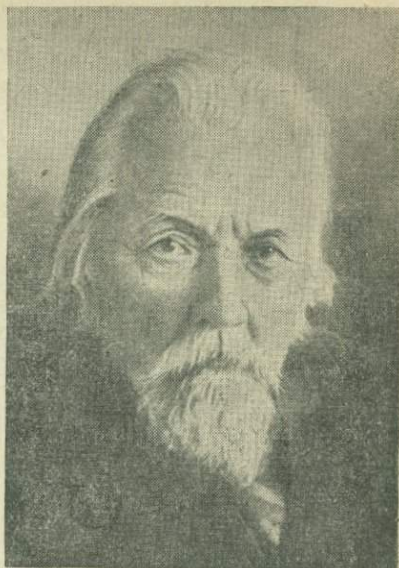
Цв. — невянскит—светлосерый, сысерскит—темносерый.

Бл. — металлический.

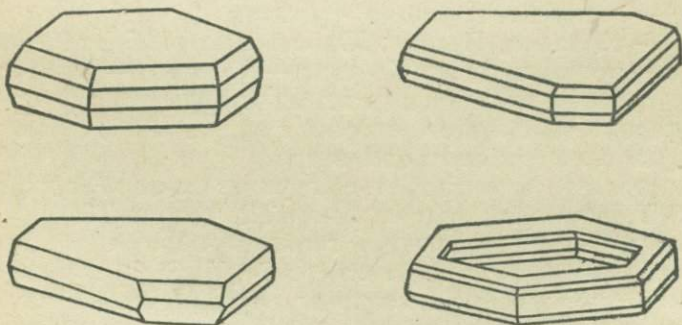
Тв. — 7.

Уд. в. — невянскита 17—19, сысерскита — 21.

Исп. — в кислотах не растворимы. При накаливании разлагаются с выделением характерного запаха осмия. Зерна этого минерала упруги и при бросании на фарфор (блюдечко) отскакивают, чего не наблюдается с зернами платины.



Акад. А. П. Карпинский



Фиг. 142. Осмистый иридий.

Ген. — минералы связаны с месторождениями, с одной стороны, платины, с другой стороны, золота. Минералы эти устойчивы и накапливаются в россыпях.

Прим. — в лабораторной технике — термомпары и пр. Осмий — микробиологический реактив.

- Гл. м. — Свердловская обл. — с месторождениями платины. Осмистый иридий также в Джидинском золотом месторождении (Читинская обл.).
 Э. н. м. — названия от Сысертского и Невьянского заводов на Урале, в районах которых были найдены минералы.

МИНЕРАЛЫ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Из минералов элементов первой менделеевской группы были рассмотрены все за исключением минералов рубидия и цезия.

Рубидий концентрируется главным образом в лепидолите вместе с калием и литием; цезий — в слюдах, цезиевом берилле — воробьевите и в поллуксе.

250. Поллукс или поллуксит $2(\text{Cs}, \text{Na})_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot \text{H}_2\text{SiO}_3$

Х. с. — продукт присоединения к алюмосиликатам пирофилитового ряда; SiO_2 — 47,0%; Al_2O_3 — 16,0%; Cs_2O — 31,4%; Na_2O — 2,8%; H_2O — 2,8%.

К. с. — кубическая.

Цв. — бесцветный.

Тв. — 6,5.

Уд. в. — 2,9.

Исп. — низкий показатель преломления 1,52.

Разлагается соляной кислотой с выделением порошкообразного кремнезема. При сильном прокаливании в закрытой трубке выделяет воду.

Ген. — выделяется в пустотах гранита о. Эльба; редкий минерал пневматолитической (надкритической) стадии пегматитового процесса (совместно с петалитом — кастором).

Изм. — аналогичное алюмосиликатам.

Гл. м. — о. Эльба, Италия; Южная Дакота (Блэк Хиллс) и др.

Э. н. м. — по имени брата Кастора — Поллукса — из-за совместного нахождения этих минералов.

Минералы элементов второй группы, включая и редкие элементы, были рассмотрены выше.

Минералы элементов третьей группы: скандий Sc, галлий Ga, иттрий Y, индий In, редкие земли TR, таллий Tl.

Скандий концентрируется главным образом в пегматитах в редких минералах: в тортвейтите $(\text{Sc}, \text{Y})_2\text{Si}_2\text{O}_7$, вииките и др.

Галлий присутствует главным образом в виде ничтожной примеси в цинковой обманке.

Иттрий содержится в очень многих минералах в пегматитовых жилах. Отметим из них ксенотим YPO_4 .

251. Ксенотим



Х. с. — фосфорнокислый иттрий; Y_2O_3 — 63,13%; P_2O_5 — 37,87%.

К. с. — тетрагональная.

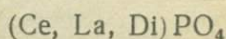
- О. ф. — кристаллы призматические или пирамидальные; напоминают циркон, с которым иногда находятся в сростании.
- Цв. — желтовато-бурый, красный, бурый.
- Тв. — 4—5.
- Уд. в. — 4,5.
- Исп. — перед паяльной трубкой не плавится, после сплавления дает реакцию с магнием на PH_3 .
- Ген. — высокотемпературный минерал гранитных пегматитов.
- Гл. м. — Иттерби в Швеции и др.
- Э. н. м. — от греч. ксенос — чужой, тими — честь. Индий — рассеянный элемент — встречается в виде примеси к цинковой обманке.

МИНЕРАЛЫ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ

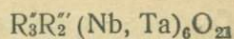
Лантан La, церий Ce, празеодимий Pr, неодимий Nd, самарий Sm, европий Eu, гадолиний Gd, тербий Tb, диспрозий Dy, голмий Ho, эрбий Er, тулий Tm, иттербий Yb, лютеций Lu, кельтий Cf, иттрий Y.

Эти элементы встречаются главным образом в минералах пегматитовых жил. Из них отметим монацит, самарскит и ортит.

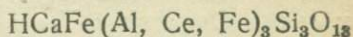
252. Монацит



- Х. с. — фосфат редких земель церовой группы; часто в заметных количествах содержит торий.
- К. с. — моноклиная.
- О. ф. — табличатые кристаллы; в виде отдельных зерен неправильной формы.
- Цв. — красновато-бурый, мясо-красный, желтый.
- Тв. — 5—5,5.
- Уд. в. — 5—5,2.
- Исп. — не плавится, дает реакцию на фосфор, в HCl растворяется с выделением белого осадка редких земель. Определяется радиометрическим методом.
 $+2V = 6 - 19^\circ$; $Nm = 1,788 - 1,801$; $Ng - Np = 0,045 - 0,055$.
- Ген. — вкрапленные зерна в кислых средних и щелочных изверженных породах; пегматитовые жилы; ввиду своей устойчивости скапливается в россыпях.
- Прим. — руда на торий и редкие элементы.
- Гл. м. — Таракское (россыпи) в Канском районе Красноярского края; Челябинская обл. — Санарка, Каменка (россыпи); Ильменские горы (в пегматитах), Карельская АССР (пегматиты); Узбекская ССР (Кара-Тюбе); Бурято-Монгольская АССР — россыпи р. Харги и др. В Бразилии и Индии — россыпи.
- Э. н. м. — от греч. — „одна клетка“ назван так потому, что встречается в одиночных кристаллах.

253. Самарскит

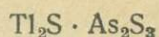
- Х. с. — ниобо-танталат урана и редких земель;
 $R^{\prime\prime}$ — Fe, Ca, UO_2 ; $R^{\prime\prime\prime}$ — Ce, Y и другие редкие земли;
 бывают примеси германия.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — вытянутые кристаллы, также сплошной.
- Цв. — бархатно-черный, непрозрачный.
- Бл. — смолистый.
- Тв. — 5—6.
- Уд. в. — 5,6—5,8.
- Исп. — радиометрическими методами; сплавляется по краям,
 почти не растворим в кислотах; разлагается сплавлением
 с KHSO_4 ; дает реакцию на ниобий и тантал.
- Ген. — пегматитовые жилы.
- Прим. — руда на уран, радий, редкие земли и ниобий, тантал.
- Гл. м. — Челябинская обл. — Блюмовская копь в Ильменских
 горах (пегматиты в гранито-гнейсах).
- Э. н. м. — в честь Самарского.

254. Ортит**Алланит**

- Х. с. — продукт присоединения к алюмосиликату эпидото-
 вого типа, всегда содержит редкие земли, иногда
 уран.
- К. с. — моноклинная.
- О. ф. — вытянутые призматические или табличатые кристаллы,
 иногда крупные, также зернистые и плотные массы.
- Цв. — бурый, черный.
- Бл. — смолистый, полуметаллический.
- Тв. — 6.
- Уд. в. — 4,65.
- Исп. — радиометрические методы; перед паяльной трубкой
 плавится в черное стекло.
 $Nt = 1,65—1,78$; $Ng - Np =$ от слабого до 0,032.
- Ген. — выделяется зернами в граните, сиените, диорите,
 главным образом в пегматитовых жилах особого ор-
 титового типа.
- Гл. м. — Слюдянка в хребте Хамар-дабан; Челябинская обл.
 (Ильменские горы). Алтайский край — Ортитовая
 сопка близ Колывани и др.
- Э. н. м. — от греч. ортос — прямой, название дано по форме
 прямых кристаллов.

МИНЕРАЛЫ ТАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ

Таллий встречается в ряде минералов (в парагенезисе с ре-
 альгаром); из них отметим лорандит ($\text{Tl}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$). По акад.
 В. И. Вернадскому, таллий входит в шестой изоморфный ряд
 (K, Na, Cs, Rb, Tl, Li, H).

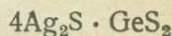
255. Лорандит

- Х. с. — мышьяковая сульфосо́ль таллия.
 К. с. — моноклинная.
 О. ф. — табличатые и призматические кристаллы.
 Сп. — совершенная.
 Цв. — темнокрасный.
 Тв. — 2—2,5.
 Уд. в. — 5,53.
 Ген. — эпите́рмальные жилы, совместно с реальгаром.
 Гл. м. — А́льхар в Солоникском окр. в Македонии. В СССР пока не найден; возможно, что его пропускают, принимая за реальгар.

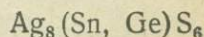
МИНЕРАЛЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕТВЕРТОЙ ГРУППЫ

Германий Ge и гафний Hf.

Германиевые минералы: германий изоморфно замещается оловом.

256. Аргиродит

- Х. с. — германиевая сульфосо́ль серебра.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — встречается в сплошных массах и в мелких плохо образованных кристаллах.
 Цв. — стально-серый и красноватый.
 Бл. — металлический.
 Тв. — 2,5.
 Уд. в. — 6,3.
 Ген. — мезо́термальные жилы.
 Гл. м. — Саксония (Фрейберг), Германия. Аужарас (Боливия).
 Э. н. м. — от греч. аргирос — серебро.

257. Канфильдит

- Х. с. — олово-германиевая сульфосо́ль серебра.
 Гафний — рассеянный элемент, встречается вместе с цирконием, в цирконе и других циркониевых минералах.
 Минералы элементов пятой, шестой и седьмой групп рассмотрены выше.

Минералы восьмой группы:

рутений Ru, родий Rh и палладий Pd. Родий и палладий принадлежат к 11-му изоморфному ряду (Pt, Fe, Pd, Ir, Ru, Cu). Рутений и родий принадлежат к 12-му изоморфному ряду (Os, Ru, Rh, Ir).

Из минералов этой группы отметим:

Лаурит RuS_2

Родит — родистое золото (AuRh)

Порпечит — палладистое золото (Au₅Pd).

МИНЕРАЛЫ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Всего насчитывается 42 радиоактивных элемента, образующихся один из другого (см. общую часть). Они составляют три семейства или ряда (урана, актиния, тория). Кроме того, имеются еще одиночные радиоактивные элементы: калий, рубидий, самарий, может быть, бериллий, иллиний.

Из них мы рассмотрим только уран и торий.

Уран (U) — четырех- и шестивалентный металл шестой группы. Атомный вес 238,14; порядковый номер 92 (см. радиоактивный распад).

Радиус атома 1,60 Å, радиус иона 1,05 Å. Кларк $4 \cdot 10^{-5}$.
Уд. вес 19,20.

Уран открыт Клапротом в 1789 г.

Уран дает соединения с кислородом (UO_2). Радикал ($\text{U}^{\text{VI}}\text{O}_2$)^{*} с двумя свободными валентностями носит название уранила. Он обладает основными свойствами. Известны соли уранила, уранил-сульфат (UO_2) (SO_4) $2\text{H}_2\text{O}$; производные трехоксида урана UO_3 называются уранатами, например уранат натрия $\text{Na}_2(\text{U}_2\text{O}_7)6\text{H}_2\text{O}$.

Из урановых соединений добывается радий; кроме того, сам уран применяется в своих солях в качестве керамической краски для флюоресцирующих стекол и пр.

Торий (Th) — четырехвалентный элемент четвертой группы. Атомный вес 232,12; порядковый номер 90 (см. радиевый распад).

Радиус атома 1,80 Å, радиус иона 1,10 Å. Кларк $1 \cdot 10^{-4}$.
Уд. в. 11,68; температура плавления 1700°; открыт Берцелиусом в 1828 г.

Кислородные соединения тория — окись ThO_2 — дает соединения с кремнеземом. Из ториевых соединений добывается мезоторий (изотоп радия). Сам торий употребляется для производства калильных сеток; нитрат тория в смеси с порошком магния употребляется для получения вспышек.

Главнейшие радиоактивные минералы

Уранаты

Уранинит $n\text{UO}_2 \cdot m\text{UO}_3$
Ванденбрандеит $2\text{CuO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Кларкент (Na_2Pb) $\text{O} \cdot 3\text{UO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Гуммит — продукт изменения уранита
Торианит (U, Th) O_2
Кюрит $2\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Ураносферит $\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Гидроокислы

Беккерелит $4\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Скупит $3\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Янтинит $2\text{UO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Карбонаты

Рётзерфордин $UO_2 \cdot CO_2$
 Ураноталлит $2CaCO_3 \cdot U(CO_3)_2 \cdot 10H_2O$
 Фоглит — водный карбонат U, Ca, Cu

Торий содержащие силикаты

Метландит $2(Pb, Cu)O \cdot 3ThO_2 \cdot 4UO_2 \cdot 8SiO_2 \cdot 23H_2O$
 Макинтошиг — силикат U, Th, Ce

Силикаты

Уранофан $CaO \cdot 2UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$
 Скловоскит } $MgO \cdot 2UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$
 Шинколовбит }
 Казолит $PbO \cdot UO_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$
 Содлит $5UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 6H_2O$
 Эналит $(Th, U)O_2 \cdot nSiO_2$

Титанониобаты

Делоренцит — титанат Fe, U, Y
 Браннерит $(UO, TiO, UO_2)TiO_3$
 Хлопинит — титанониобат U и Th
 Ферьюсонит — ниобат Y, Er, U
 Самарскит — ниобат Fe, Ca, U, Ce, Y

Урановые слюдки ¹

Фосфорные	{	Торбернит $CuO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 8H_2O$
		Салеит $MgO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 8H_2O$
		Отэнит $CaO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 8H_2O$
		Ураноцирцит $BaO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 8^{1/2}H_2O$
		Ренардит $PbO \cdot 4UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 9H_2O$
		Девиндит $3PbO \cdot 5UO_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 12H_2O$
Ванадиевые Мышьяковые	{	Дюмонит $2PbO \cdot 3UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 5H_2O$
		Парсонсит $2PbO \cdot UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot H_2O$
		Фосфуранилит $3UO_3 \cdot P_2O_5 \cdot 6H_2O$
		Цейнерит $CuO \cdot 2UO_3 \cdot As_2O_5 \cdot 8H_2O$
		Ураноспинит $CaO \cdot 2UO_3 \cdot As_2O_5 \cdot 8H_2O$
		Вальпургин $3UO_3 \cdot 5Bi_2O_3 \cdot 2As_2O_5 \cdot 12H_2O$
Ванадиевые Мышьяковые	{	Трегерит $3UO_3 \cdot As_2O_5 \cdot 12H_2O$
		Карнотит $K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 2H_2O$
		Тюямунит $CaO \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot nH_2O$
		Раувит $CaO \cdot 2UO_3 \cdot 6V_2O_5 \cdot 2H_2O$
		Уванит $2UO_3 \cdot 3V_2O_5 \cdot 15H_2O$
Ферганит $U_3(VO_{4,2}) \cdot 6H_2O$		

Сульфаты

Гильпинит $(Cu, Fe, N_2)O \cdot UO_3 \cdot SO_3 \cdot 4H_2O$
 Иоганнит — водный сульфат U, Cu
 Уранопилит $CaO \cdot 8UO_3 \cdot 2SO_3 \cdot 25H_2O$
 Циппеит — водный сульфат U.

Ториевые минералы

Торит $ThSiO_4$
 Торогуммит — силикат U, Th, Ce
 Гидроторит $ThSiO_4 \cdot 4H_2O$
 Циркелит $(Ca, Fe)(Zr, Ti, Th)_2O_5$
 Пирохлор $RNb_2O_6 \cdot R(Tl, Th)O_3$, R = Ce, Ca.

¹ Искусственно получены урановые слюдки фосфорной и мышьяковой кислот со следующими основаниями: Na, K, Cu, Ag, Mg, Ca, Zn, Ba, Hg (?), Pb, UO₂, Mn, Fe, Co, Ni (?).

Кислородное соединение тория — окись ThO_2 дает соединения с кремнеземом. Из ториевых соединений добывается мезоторий (изотоп радия). Сам торий употребляется для производства калильных сеток; нитрат тория в смеси с порошком магния употребляется для получения вспышек.

Описание ниобатов и танталатов см. в соответствующем разделе; все они содержат торий и уран.

Из приведенного списка рассмотрим уранинит, тьюмунит, карнотит, отэнит и торбернит, торрианит и торит.

Общим приемом определения этих минералов является применение радиоактивных методов.

Минералы урана и тория недостаточно изучены. Работы в этой области приводят непрерывно к открытию новых минералов.

258. Уранинит



Настуран, урановая смоляная руда

- Х. с. — $m\text{UO}_2 \cdot n\text{UO}_3$, с примесью свинца, иногда тория, редких земель и ряда других элементов. Химическая природа минерала точно не установлена и рассматривается одними учеными как смесь окислов, а другими — как соль — уранат уранила.
- К. с. — кубическая.
- О. ф. — плотные скорлуповатые массы, иногда кубические или октаэдрические кристаллы.
- Цв. — черный.
- Бл. — смоляной, матовый.
- Тв. — 5,5, иногда ниже.
- Уд. в. — от 5 до 10 (сильно колеблется в зависимости от генезиса).
- Исп. — не плавится, растворяется в азотной, серной и других кислотах; с плавнями получается отчетливый перл урана. Наилучшие реакции — капельные и микрохимические. Определяется также радиометрическими методами.
- Ген. — образуется в пегматитовых и главным образом в мезотермальных жилах в парагенезисе с мышьяковыми, висмутовыми, кобальтовыми, никелевыми и серебряными минералами, а также с карбонатами.
- Разн. — изменчивость состава и морфологических особенностей привели к существованию большого количества различных названий (синонимов); из них главные:
- уранинит (содержит торий) — в виде кристаллов из пегматитовых жил; плотные, натечные, скорлуповатые разности из гидротермальных жил — урановая смоляная руда (обычно без тория);
- урановые черни — сажистые, матовые, черные, серые остаточные и переотложенные продукты вторич-

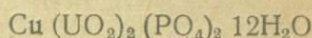
ного изменения урановой смоляной и других руд. Урановые черны образуются преимущественно в зоне цементации месторождений урановой смоляной руды и других руд урана, сопровождаемых сульфидами.

Прим. — главная руда на радий и уран.

Гл. м. — в СССР — Табошар (Таджикская ССР) — урановая чернь и урановая смоляная руда; Панфилова Варака, Синяя Пала (Карелия) — уранинит. Мировые — Иоахимсталь в Рудных горах (Германия), Катанга — в Бельгийском Конго, Медвежье озеро в Канаде.

Э. н. м. — по химическому составу.

259. Торбернит



Хальколит — медная урановая слюдка

Х. с. — водный уранилфосфат меди UO_3 — 56,6%; CuO — 7,9%; P_2O_5 — 14,1%; H_2O — 21,4%. Содержание воды колеблется в границах от 8 до 11 молекул.

К. с. — ромбическая — псевдотетрагональная.

О. ф. — квадратные слюдообразные чешуйки.

Сп. — весьма совершенная (слюдяная) по (001).

Цв. — травяно-зеленый, луково-зеленый, изумрудно-зеленый.

Бл. — стеклянный, перламутровый.

Тв. — 2—2,5.

Уд. в. — 3,22.

Исп. — плавится, дает отчетливую реакцию на медь, выделяет воду; растворяется в азотной, соляной, серной кислотах. Почти одноосный; $N_o = 1,592$; $N_e = 1,582$; $N_e - N_o = 0,010$.

Определяется радиометрическим способом.

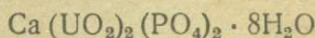
Ген. — вторичный минерал зоны окисления урановых месторождений. Встречается в парагенезисе других урановых слюдок. Искусственно получается из холодных водных слабо кислых растворов, содержащих все составные части слюдки, при нейтрализации растворов любым основанием, например карбонатами, бурым железняком и др.

Прим. — ураново-радиевая руда.

Гл. м. — в СССР — Шерловая гора (Бурято-Монгольская АССР), Табошари и другие месторождения Карамазара в Таджикистане. За границей: Иоахимсталь в рудных горах (Германия), Гуардия — в Португалии, Англия — Корнуолл.

Э. н. м. — в честь химика Торбера Бергмана.

260. Отэнит



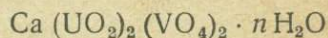
Аутунит — кальциевый уранит, урановая слюдка

Х. с. — водный уранилфосфат кальция; UO_3 — 62,7%; P_2O_5 — 15,5%; CaO — 6,1%; H_2O — 15,7%.

К. с. — ромбическая — псевдотетрагональная.

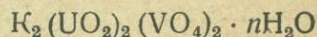
- О. ф. — квадратные табличатые кристаллы; слюдообразные чешуйки и порошковатые скопления.
- Сп. — весьма совершенная (слюдяная) по (001).
- Цв. — канареечно-желтый, серно-желтый, лимонно-желтый.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 2—2,5.
- Уд. в. — 3,1.
- Исп. — плавится, растворяется в азотной и соляной кислотах.
— $2V = 33^\circ$; $Nm = 1,575$; $Ng - Np = 0,024$.
- Ген. — вторичный минерал зоны окисления урановых месторождений. Встречается в парагенезисе других урановых слюдок. Искусственное получение — см. торбернит.
- Прим. — руда на радий и уран.
- Гл. м. — в СССР — Табошар в Таджикской ССР, Отэн — во Франции, Катанга в Бельгийском Конго, Иаохим-сталь в Рудных горах (Германия) и др.
- Э. н. м. — по географическому пункту.

261. Тюямуюнит

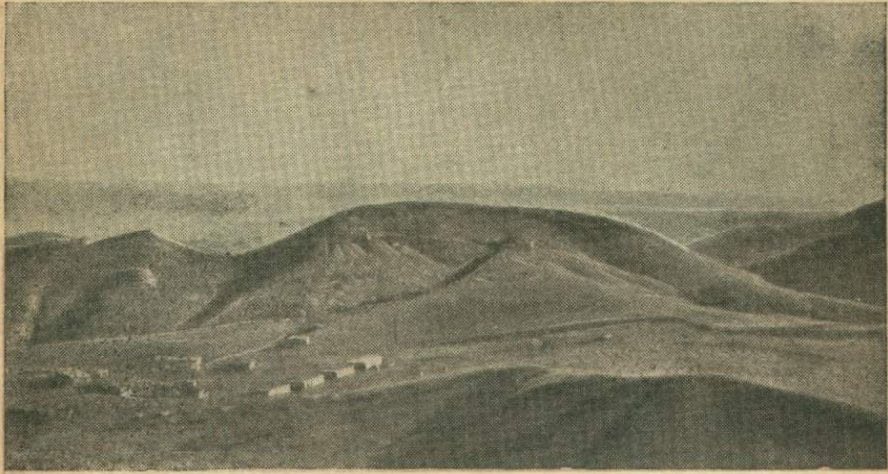


- Х. с. — водный уранилванадат кальция; содержание воды колеблется в зависимости от влажности воздуха.
 $\text{UO}_3 - 57,19\%$; $\text{CaO} - 5,18\%$; $\text{V}_2\text{O}_5 - 19,30\%$; $\text{H}_2\text{O} - 17,88$; $\text{BaO} - 0,33$; $\text{MgO} - 0,12\%$.
- К. с. — ромбическая.
- О. ф. — слюдистые мелкие чешуйки; скрытокристаллический, землистый.
- Сп. — совершенная.
- Цв. — канареечно-желтый, с зеленоватым, оранжевым, буроватым оттенком.
- Бл. — стеклянный.
- Тв. — 1,5—2.
- Уд. в. — 3,7—4,3.
- Исп. — легкоплавкий, реакция на уран и ванадий.
— $2V = 36 - 55^\circ$; $Nm = 1,890$; $Ng - Np = 0,235$.
Плеохроичный.
- Ген. — возможно, продукт взаимодействия урансодержащих растворов с органогенными соединениями ванадия в осадочных породах — песчаниках и известняках.
- Прим. — руда на радий, уран и ванадий.
- Гл. м. — Тюямуюн (см. табл. XI, фиг. 1) и Майли-су в Киргизии; Колорадо и Юта — в США.
- Э. н. м. — по географическому названию.

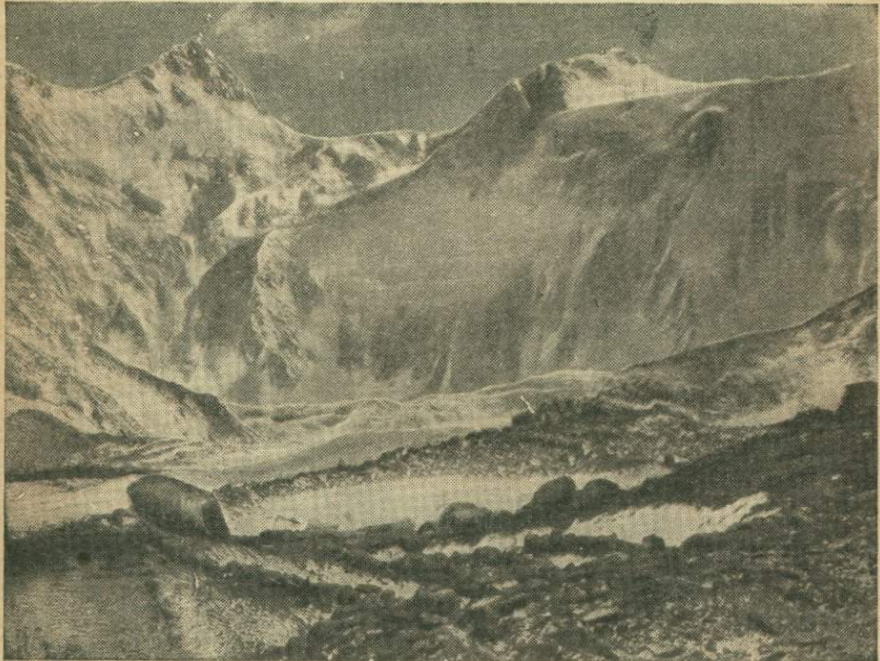
262. Карнотит



- Х. с. — водный уранилванадат калия; содержание воды колеблется; $\text{UO}_3 - 66,6\%$; $\text{K}_2\text{O} - 10,9\%$; $\text{V}_2\text{O}_5 - 21,1\%$; $\text{H}_2\text{O} - 1,4\%$.
- К. с. — ромбический.



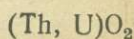
Фиг. 1. Тюямуонская известняковая гряда. В центре так называемая Радиевая гора, Киргизская ССР.



Фиг. 2. Гора Белуха, вид с севера, Алтай.

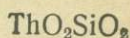
- О. ф. — слюдистые чешуйки; порошковатый землистый.
 Сп. — совершенная.
 Цв. — канареечно-желтый.
 Бл. — стеклянный.
 Тв. — мягкий.
 Уд. в. — 4,2.
 Исп. — $2V = 39-50^\circ$; $Nm = 1,925$.
 Ген. — вторичный урановый минерал в зоне окисления; в осадочных породах, песчаниках и в трещиноватых известняках; образуется в связи с нефтяными водами.
 Прим. — руда на радий, уран и ванадий.
 Гл. м. — Майли-су в Киргизии; Уйгур-сай в Узбек. ССР; Урановый холм — в Армении, США — Колорадо и Юта и др.
 Э. н. м. — в честь Адольфа Карно.

263. Торианит



- Х. с. — окись тория и урана; $ThO_2 - 59\%$ — 93% ; $UO_2 - 5-32\%$; обычно значительное содержание He.
 К. с. — кубическая.
 О. ф. — кубы.
 Цв. — черный; в тонких шлифах красновато-коричневый.
 Тв. — 6,5.
 Уд. в. — 9,32.
 Исп. — определяется радиометрическими методами; растворим в HNO_3 , $N = 2,20$.
 Ген. — пегматитовые жилы.
 Прим. — руда на торий, уран и радий.
 Гл. м. — Цейлон (в россыпях Балангодо) и Мадагаскар.
 Э. н. м. — по химическому составу.

264. Торит



Оранжевит

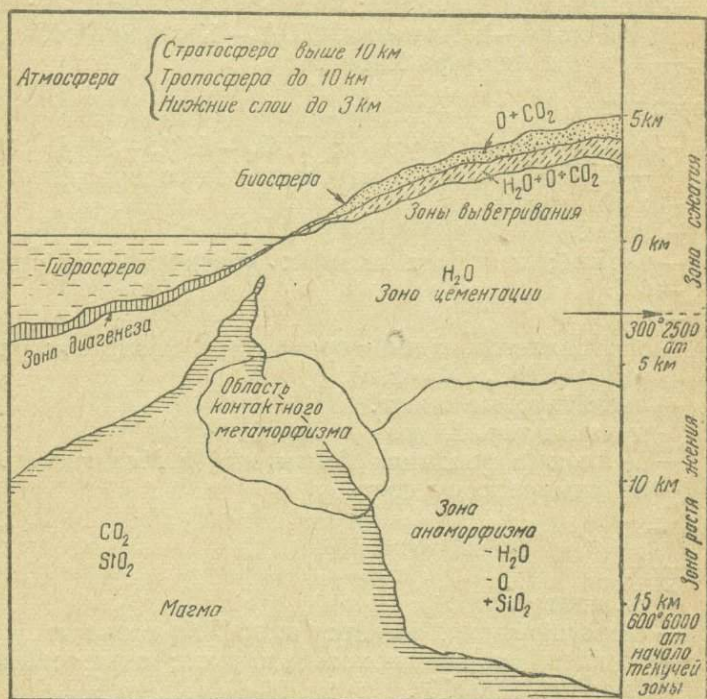
- Х. с. — силикат тория.
 К. с. — тетрагональная, имеется аморфная разновидь.
 О. ф. — по внешнему виду похож на циркон; также землистый.
 Сп. — заметная по (110).
 Цв. — оранжево-желтый, коричневатожелтый, коричневаточерный.
 Тв. — 4,5—5.
 Уд. в. — 5,2—5,4; аморфные разновидности 4,4—4,8.
 Исп. — определяется радиометрическими методами; неплавок, после прокаливания желатинизируется с кислотами. Одноосный, положительный; $No = 1,8$; $Ng - Np = 0,01$.
 Ген. — образуется в пегматитовых жилах и нефелиновых сиенитах.
 Прим. — руда на торий.
 Гл. м. — пегматиты Карелии, Ильменских гор, Норвегии, Мадагаскара и др.
 Э. н. м. — по химическому составу.

ОБЗОР МИНЕРАЛОВ ПО ГЕНЕТИЧЕСКОМУ ПРИЗНАКУ

Как уже раньше было сказано, земная кора состоит из следующих концентрических оболочек:

- 1) атмосферы,
- 2) гидросферы,
- 3) литосферы, которая сложена осадочными, метаморфическими, изверженными и жильными породами.

Осадочные породы, в свою очередь, можно разделить на нормальные осадочные породы, на осадки растворимых солей и на продукты выветривания разных пород и рудных месторождений.



Фиг. 143. Разрез земной коры (по А. Е. Ферсману).

Метаморфические горные породы можно весьма схематично подразделить на продукты регионального и контактного метаморфизма.

Изверженные породы делятся на глубинные или интрузивные и излившиеся, или эффузивные.

Промежуточное положение между глубинными и эффузивными занимают жильные породы, идущие от магмы к внешней части земной коры; к ним относятся: аплиты, пегматиты, пневматолиты, гидролиты — гипотермальные, мезотермальные и эпитеермальные.

Процессы образования минералов в этих породах изучаются в ряде смежных дисциплин — минералогии, петрографии, гео-

химии, в учении о полезных ископаемых. В настоящей главе дается только сокращенный список минералов, связанных (преимущественно) с указанными типами горных пород.

1. Атмосфера

Верхняя оболочка земной коры или атмосфера состоит из элементарных газов, которые с нашей точки зрения относятся к самородным элементам. Нижняя часть атмосферы или тропосфера представлена воздухом со следующим составом (в %):

	по весу по объему	
Кислорода	23,024	20,941
Азота	75,539	78,122
Аргона	1,437	0,937

Вместе с аргоном находятся инертные газы.

По объему	
Криптон	0,028
Ксенон	0,005
Гелий	0,0004
Неон	0,00123

Кроме элементарных газов, в атмосфере находятся еще пары воды и углекислота, местами сероводород, сернистый газ, углеводороды и пары борной кислоты, пыль хлоридов и сульфатов и пр., космическая и земная минеральная, органическая и микроорганическая пыль.

Тропосфера с высоты 3—4 км начинает обедняться кислородом. На высоте 10 км уже появляется слоистая атмосфера или стратосфера с последовательно убывающим содержанием кислорода. Выше 70 км располагается азотная оболочка; далее идут гелиевая и водородная оболочки.

2. Гидросфера

Гидросфера состоит из воды, главная масса которой сосредоточена в океанах.

Сокращенный химический состав воды океана следующий: растворимых солей в литре воды около 35 г

Cl = 19,350	Na = 10,710
SO ₄ = 2,700	K = 10,390
CO ₃ = 0,070	Ca = 0,420
Br = 0,060	Mg = 1,300

или в атомном выражении:

O = 85,8 %	S = 0,09%
H = 10,67%	Ca = 0,05%
Cl = 2,07%	K = 0,04%
Na = 1,14%	C = 0,0035%
Mg = 0,14%	Br = 0,002%

Кроме того, в воде находятся растворенные газы и огромное количество живого вещества.

Содержание растворимых солей в воде озер часто колеблется; так, в соленых озерах количество солей в жаркое время года доходит до 450 г/л, самосадочные же озера содержат солей от 100 до 300 г/л.

Воды рек содержат от 0,050 до 0,500 г/л растворимых солей.

Содержание растворимых солей в подземных водах подвержено значительным колебаниям; эти воды иногда мало минерализованы и по своему химическому составу приближаются к составу рек; иногда, напротив, сильно минерализованы, приближаясь к химическому составу озер; кроме того, среди них следует выделить два резко своеобразных типа: кислые рудничные воды и щелочные — нефтяные.

Образование минералов в гидросфере происходит при низкой температуре и низком давлении; минералы гидратируются и окисляются.

3. Литосфера — каменная оболочка

Литосфера сложена осадочными, метаморфическими, изверженными и жильными породами. Ниже приводим список минералов этих пород.

К числу осадочных пород относятся: обломочные (от грубообломочных до тонкодисперсных, глинистых), химические осадки (продукты выветривания, переносимые в растворах) и органогенные отложения. В состав обломочных пород входят: кварц, полевые шпаты, слюды, роговые обманки и другие силикаты (часто при гравитационном разделении они относятся к так называемой „легкой фракции“); магнетит, рутил, циркон, монацит, апатит, гранат, ильменит, титанит, колумбит, золото, платина, осмистый иридий, пирит и др. („тяжелая фракция“).

Известняки — частью химические, частью органогенные — состоят из кальцита и доломита; в небольшом количестве присутствуют карбонаты марганца и железа.

Глины состоят в основном из каолина, кроме того слюд, опала, карбонатов кальция, магния, натрия, гипса и др.

С осадочными породами связаны также месторождения: бурых железняков и сидеритов; пиролюзита, полианита и мanganита; боксита, диаспора и гидраргиллита; антрацита, каменного и бурого угля, нефти и озокерита; серы, целестина, кальцита, барита и халцедона; фосфорита и глауконита; самородной меди, малахита, карнотита, волконскоита, пирита, марказита, галенита, молибденита, аргентита, кераргирита.

Осадки растворимых солей или химические осадки образуются главным образом в результате усыхания соленых бассейнов.

По Бишофу, нормальный разрез соляных отложений этого типа состоит из следующих зон:

1. Зона ангидрита — галита 96%, ангидрита 4%.
2. Зона полигалита — галита 91,2%, ангидрита 0,7%, полигалита 6,2%, гидрата хлористого магния 1,5%.
3. Зона кизерита — галита 65%, кизерита 17%, карналлита 13%, гидрата хлористого магния 3%, ангидрита 2%.
4. Зона карналлита — карналлита 55%, галита 25%, кизерита 16%, гидрата хлористого магния 4%.

В указанных зонах, кроме этих главных минералов, всегда бывают в подчиненном количестве примеси других растворимых солей, например боратов.

Такое распределение солей возможно, однако, лишь в том случае, если месторождение не метаморфизовано, что бывает очень редко.

Дополнительно следует отметить, что, кроме приведенных солей, из водных растворов отлагаются: гипс, тенардит, мирабилит; иод и бром находятся в рассеянном виде в маточных рассолах. В качестве примера соляного месторождения укажем, что в Соликамске в карналлитовой зоне имеется вторичный чистый сильвин; в Карабогаз-Голе зимой выпадает мирабилит, летом галит.

Образование продуктов выветривания коренных пород происходит при участии атмосферных агентов и живого вещества; в результате этих процессов получают тонкозернистые, дисперсные продукты минерального и органического происхождения, в том числе — почвы.

Почвы изучаются в особой науке — почвоведении.

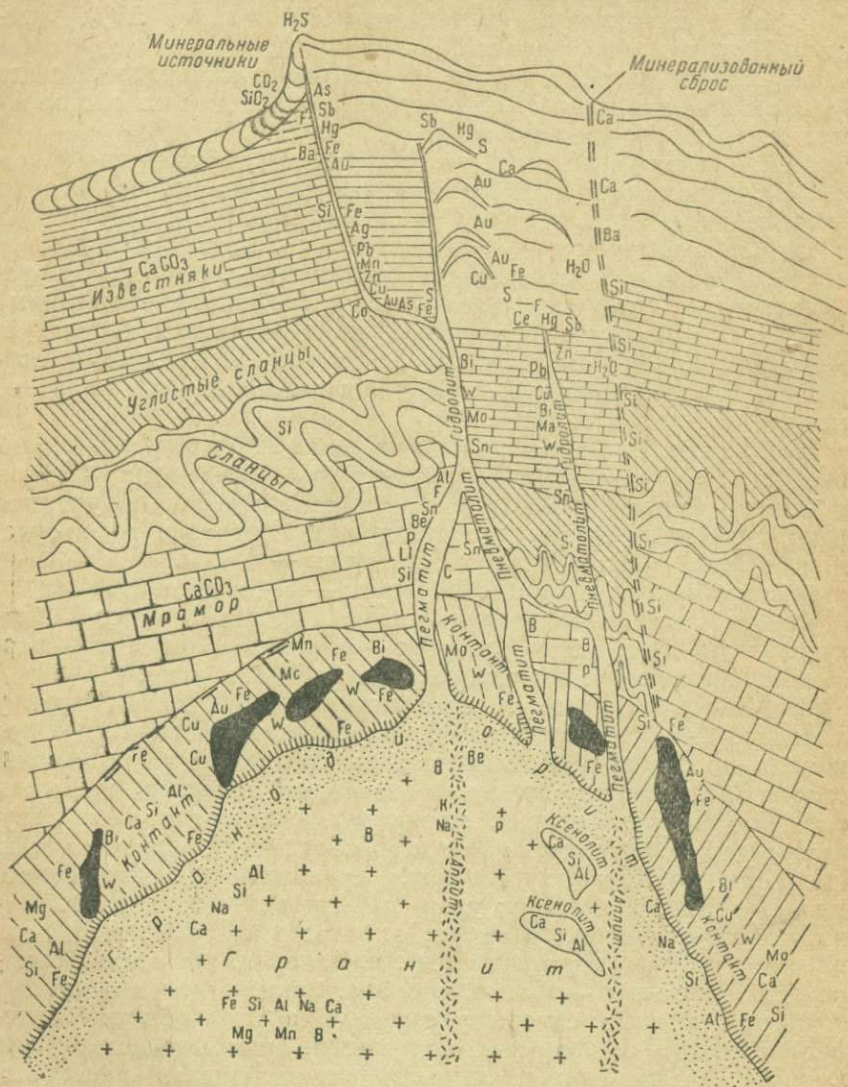
Кроме этого, при выветривании коренных пород образуются: лимонит, гётит, латерит — боксит, ревдинскит — гарниерит, пиролюзит, псиломелан, вад, асболан и др.

Рудные минералы при своем выветривании дают группу квасцов, купоросов, гидратов, карбонатов, фосфатов и пр., которые входят в состав шляпы рудных месторождений: галотрихит, алуни́т, ярозит, мелантерит, госларит, халькантит, брошантит, биберит, моренозит, эпсомит; малахит, азурит, сидерит анкерит, смитсонит, церусеит, сферокобальтин; каломель, молибдит, тунгстенит, сервантит, вивианит, скородит, эритрин, анабергит; урановые слюдки — торбернит, отенит, туюмунит и др.; каламин, диоптаз и аллофан, гетит, лимонит и другие гидраты железа, и, наконец, выделение самородных элементов — золота, серебра, меди, ртути и серы.

Этот неполный список указывает на разнообразие минералогического состава железных шляп, прикрывающих собой рудные месторождения. Изучение шляпы рудных месторождений составляет особый раздел курса полезных ископаемых.

Здесь же необходимо отметить, что в связи с процессом окисления сернистых минералов идет и процесс восстановления. Под железной шляпой месторождения имеется выщелоченный участок — зона выщелачивания; ниже ее находится зона цементации, в которой идет образование уже в восстановительной среде; так, если имеется медное месторождение,

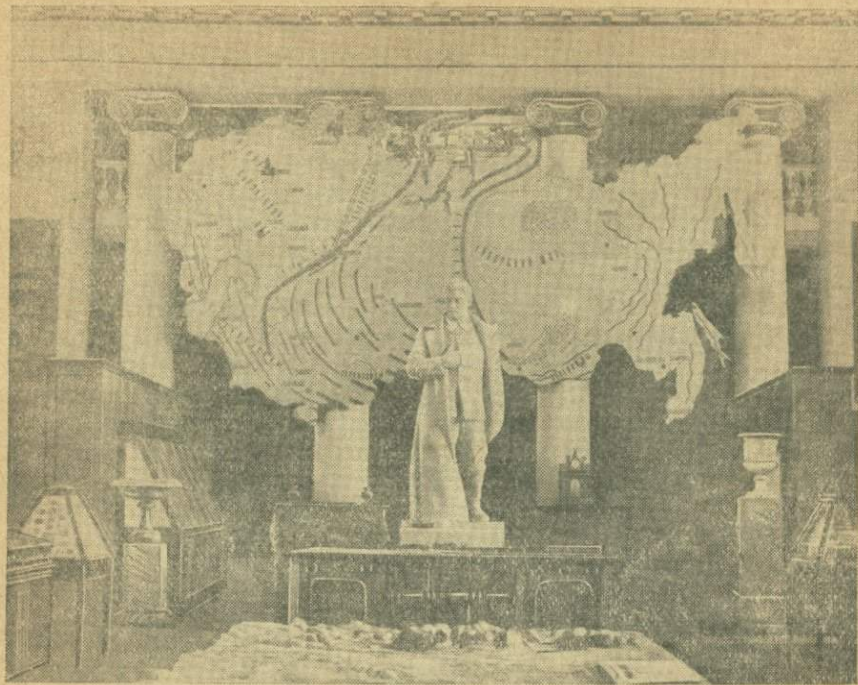
то в его шляпе могут быть: малахит и лимонит, самородная медь, брошантит, халькантист, атакмит, нантокит; в зоне цементации могут быть: в верхней части — куприт и тенорит, а в нижней части — вторичные сульфиды — халькозин и ковеллин.



Фиг. 144. Разрез земной коры (по А. С. Уклонскому).

Все эти минералы образовались при низком давлении и низкой температуре.

Минералы собственно метаморфических горных пород: кварц, яшма, авантюрин, силлиманит, дистен, андалузит, ставролит, мусковит, серицит, биотит, альмандин,



Фиг. 1. Карта с геохимическими щитами, поясами, дугами, узлами (по А. Е. Ферсману). Геологический музей им. А. П. Карпинского, акад. наук СССР



Фиг. 2. Таджики-колхозники у друзы флюорита, добытой ими из Куликалонского месторождения. Таджикская ССР.

андрадит, полевые шпаты, кордиерит, актинолит, нефрит, жадеит, родонит, кальцит, доломит, сидерит, анкерит, магнетит, тальк, серпентин, асбест, магнетит, гематит, ильменит, пирит, халькопирит.

Все эти минералы образуются при высоком давлении и повышенной температуре, большинство их обладает большим удельным весом. Тальк и серпентин представляют гидратизированные породы — в верхней метаморфической зоне.

На контактах образуется своеобразный комплекс минералов; эти минералы образуются под влиянием магматических растворов, паров и газов на окружающие интрузивное тело породы; к контактовым минералам относятся: авгит, диопсид, волластонит, эпидот, везувиан, андрадит, гроссуляр, гематит, кварц, кальцит, доломит, магнетит, родонит, родохрозит, скаполит, хлорит, энстатит, гиперстен, форстерит, плагиоклазы, альбит, анортит, ортоклаз, тремолит, актинолит, амфибол, хондродит, гумит, мелилит, геленит, серпентин, тальк, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит, рутил, титанит, ильменит, шпинель, корунд, маргарит, диаспор, шеелит, вольфрамит, молибденит, флюорит, турмалин, аксинит, сфен, графит, касситерит, галенит, сфалерит.

Процесс происходит при сравнительно высоком давлении и высокой температуре, с привнесом магматического вещества или без него.

Изверженные породы.

Минералы глубинных изверженных пород, начиная от основных до кислых:

1) ультраосновные породы состоят преимущественно из железо-магнезиальных силикатов: оливина, форстерита, фаялита энстатита и гиперстена и окислов: хромита, пикотита, магнетита, титанита; в них встречаются также пирит, пирротин, платина, алмаз, графит, железо, иридий осмий;

2) в основных горных породах появляются алюмосиликаты, но все же мета- и ортосиликаты преобладают. Для них типичны анортитовые (основные) плагиоклазы, оливин, энстатит, гиперстен, диопсид, авгит, амфибол, также — пирит, пирротин, магнетит, гематит, халькопирит, ильменит, корунд;

3) в кислых породах преобладают алюмосиликаты (магнезиальные ортосиликаты отсутствуют): альбитовые (кислые) плагиоклазы, биотит, ортоклаз, кварц, амфибол, турмалин, рутил, ильменит, сфен, монацит, апатит, аксинит, пирит, гематит, касситерит, золото, мусковит;

4) в щелочных породах наблюдается своеобразный комплекс минералов: нефелин или лейцит, эгирин, содалит, астрофиллит, рибекит, арфведсонит, апатит, редкоземельные, цирконные и радиоактивные минералы.

Образование минералов происходит при высоком давлении и высокой температуре, при участии газов.

Минералы вулканических пород. При извержении вулканов наблюдается смена выделения газов и паров в зави-

симости от температуры извержения. Ввиду сложности идущих при этом процессов и в силу наложения одного процесса на другой, — при наблюдениях над разными вулканами не получается строгой однородности. Но все же установлено, что до 825° выделяются пары воды; при 825° первые пары соляной кислоты; $874-1100^{\circ}$ — температура извержения, а $900-1200^{\circ}$ — средняя температура жидкой лавы.

На первом высокотемпературном этапе выделяются: сухой перегретый пар, водород, окись углерода CO , метан CH_4 , может присутствовать кислород, немного азота и аргона, выделяются пары серы и хлориды.

На втором этапе — водород сгорает в воду, окись углерода окисляется до CO_2 , из паров серы образуется SO_2 . Пары воды из хлоридов металлов осаждают окислы, например Fe_2O_3 и т. д.

На третьем этапе — выделение сероводорода и углекислоты, паров воды, азота и аргона.

На четвертом этапе — замирание выделения сероводорода, усиление углекислоты и появление паров серной кислоты, пары воды, кислород, азот и аргон.

В кратере вулкана, на поверхности лавы и в вулканическом пепле образуются новые минералы или путем прямого возгона, или в результате обменных реакций между выделяющимися парами и газами.

Сера выделяется иногда в виде значительных скоплений, достигающих миллионов тонн.

Селенистая, теллуристая, мышьяковистая сера выделяются в небольших количествах.

Наблюдались следующие минералы: реальгар, борная кислота, галит, нашатырь, хлорное железо, глауберит, сульфат лития, сульфат натрия, квасцы, флюорит, железный блеск, соединения кобальта, цинка, олова, висмута, свинца, меди, фосфора; характерны выделения пирита, марказита, выделения золота, серебра, выделения редких минералов, таких, как, например, нитрид железа Fe_5N_3 (в лаве Этны) и др.

Среди минералов, образованных этим путем, можно найти почти все химические элементы. Естественно, что при размывании вулканических пород все эти возгоны будут снесены и попадут в нормальные осадочные породы, где в свою очередь они начнут перемещаться при содействии разного типа подземных вод, среди которых наиболее активными являются нефтяные, бессульфатные, хлоридные или щелочные, воды.

В самой вулканической лаве при ее остывании образуется следующий комплекс минералов: кварц, тридимит, кристобалит, гяллит, оливин, авгит, базальтическая роговая обманка, санидин, анортит, биотит, лейцит; в пустотах лавы под влиянием паров и газов образуются вторичные минералы: цеолиты, опал, халцедон, алунит, ярозит.

Образование минералов происходит при высокой температуре и низком давлении, при быстрой смене давления и температур.

Пегматиты

По акад. А. Е. Ферсману, пегматитовым процессом называется: „процесс кристаллизации остаточной магмы, начиная с явления телокристаллизации и кончая последними выделениями остаточного расплава или раствора„.

По акад. А. Е. Ферсману, как было указано в водной части, пегматитовый процесс делится на следующие фазы:

- А — магматическая,
- В — собственно эпимагматическая,
- С — собственно пегматитовая — температура процесса 700°,
- Д и Е — пегматоидная — (пневматолическая),
- F и G — надкритическая — (пневматолическая),
- Н — высокая терма — температура процесса 350°,
- І и К — средняя терма,
- L — гипергенная.

Самые пегматиты делятся на ряд типов, в зависимости от содержания в них тех или иных элементов.

Приводим сокращенный список минералов пегматитов: кварц, альбит, алмадин, андалузит, анортоклаз, берилл, биотит, лепидолит, микроклин, мусковит, олигоклаз, ортоклаз, петалит, поллуцит, скаполит, серицит, сподумен, турмалин, амблигонит, апатит, колумбит, монацит, танталит, топаз, титанит, вольфрамит, шеелит, флюорит, касситерит, корунд, циркон, уранинит, висмут, золото, графит, арсенопирит, халькопирит, галенит, леллингит, молибденит, пирит, сидерит, алмаз, криолит.

Образование идет, как указано по схеме, при высокой температуре, давлении и при участии газов. Для наглядного представления о зональности процесса приводим схему (фиг. 145).

Минералы пневматолитов. Кварц, мусковит, полевой шпат, турмалин, аксинит, лепидолит, берилл, топаз, касситерит, молибденит, вольфрамит, колумбит, танталит, сподумен, гематит, золото, эпидот, флюорит, хлориты, апатит, гранат, халькопирит, пирит.

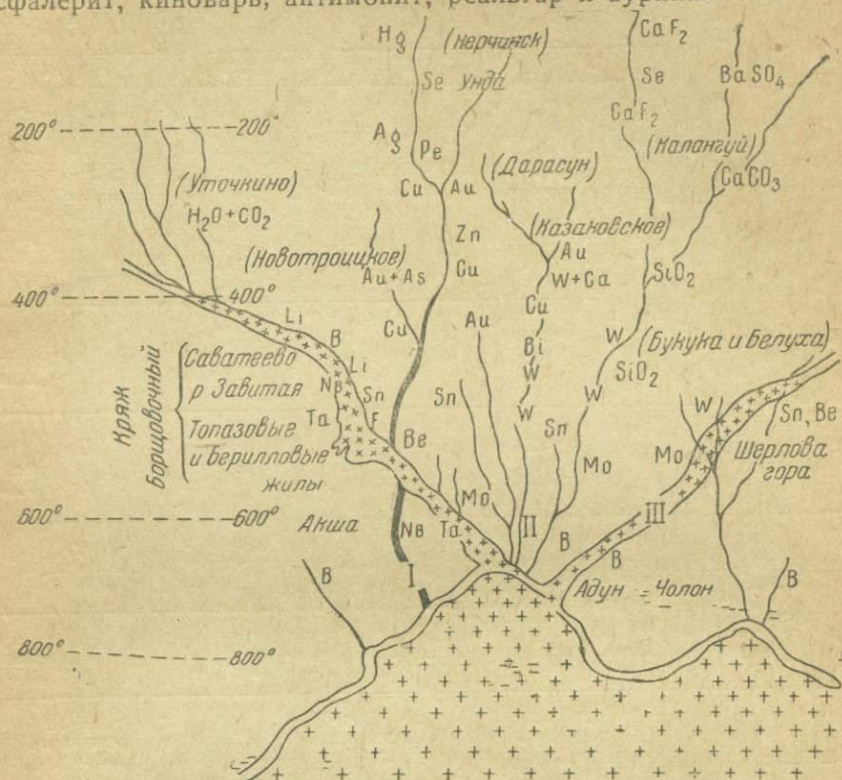
Процесс происходит при высоком давлении и сравнительно высокой температуре.

Минералы гидролитов. *Гипотермальные или глубокие жилы*: кварц, касситерит, вольфрамит, молибденит, золото, халькопирит, висмутин, пирротин, арсенопирит, гематит. Образование происходит из перегретой воды при высоком давлении, при участии газов.

Мезотермальные минералы. Кварц, халькопирит, борнит, энаргит, пирит, тетраэдрит, сфалерит, галенит, сидерит, анкерит, доломит, аргентит, пираргирит, стефанит, айкинит, золото, полибазит, кальцит, барит, флюорит.

Выпадение из горячих вод при участии газов.

Эпитермальные минералы. Кварц, барит, кальцит, доломит, сидерит, анкерит, флюорит, алуниит, каолин, пиррофиллит, диаспор, золото, теллуриды золота, теллуриды серебра, аргентит, тетраэдрит, сульфосоли серебра, айкинит, галенит, сфалерит, киноварь, антимонит, реальгар и аурипигмент.



Фиг. 145. Схема геохимической эволюции гранитных массивов Забайкалья (по А. Е. Ферсману).

Самыми верхними частями эпитермальных месторождений считаются выходы на поверхность горячих минеральных источников.

Из этих источников отлагаются известковые туфы — кальцит, арагонит, опал, хальцедон, марказит, пирит, киноварь, золото и пр.

В заключение необходимо еще раз отметить, что в природных условиях полного разделения химических элементов не существует; элементы, приуроченные к кислым породам, могут, в известной мере, встречаться в основных породах и наоборот.

Присутствие чуждых элементов указывает на обогащение этими веществами материнской магмы.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ

СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

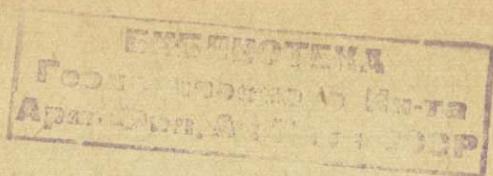
—атомный вес данного элемента. (Атомные веса исправлены по данным ционального союза химии на 1934 г.)

Наверху слева у каждого элемента обозначено порядковое число, внизу справа Комиссии атомных весов Интерна

Периоды	Ряды	С е м е й							
		I		II		III		IV	
		Побочная группа	Главная группа	Побочная группа	Главная группа	Побочная группа	Главная группа	Побочная группа	Главная группа
	1								
1-й малый период	2	3 Li Литий 6,940		4 Be Бериллий 9,02		5 B Бор 10,82		6 C Углерод 12,00	
2-й малый период	3	11 Na Натрий 22,997		12 Mg Магний 24,32		13 Al Алюминий 26,97		14 Si Кремний 28,06	
1-й большой период	4	19 K Калий 39,096		20 Ca Кальций 40,08		21 Sc Скандий 45,10		22 Ti Титан 47,90	
	5	29 Cu Медь 63,57		30 Zn Цинк 65,38		31 Ga Галлий 69,72		32 Ge Германий 72,60	
2-й большой период	6	37 Ru Рубидий 85,44		38 Sr Стронций 87,63		39 Y Иттрий 88,92		40 Zr Цирконий 91,22	
	7	47 Ag Серебро 107,880		48 Cd Кадмий 112,41		49 In Индий 114,76		50 Sn Олово 118,70	
3-й большой период	8	55 Cs Цезий 132,91		56 Ba Барий 137,36		57 La Лантан 138,92		72 Hf Гафний 178,6	
	9	79 Au Золото 197,2		80 Hg Ртуть 200,61		81 Tl Таллий 204,39		82 Pb Свинец 207,22	
4-й большой период	10	87 Vt Виргиний		88 Ra Радий 226,97		89 Ac Активный (227)		90 Th Торий 232,12	
Лантаниды:		58 Ce Церий 140,13	59 Pr Прозеодимий 140,92	60 Nd Неодимий 144,27	61 Pm Иллиний (?)	62 Sm Самарий 150,43	63 Eu Европий 152,0	64 Gd Гадолиний 157,3	

с т в а

Побочная группа	V	Главная группа	Побочная группа	VI	Главная группа	Побочная группа	VII	Главная группа	VIII		
									Побочная группа	Главная группа	
							1 H Водород 1,0078			2 He Гелий 4,002	
	7 N Азот 14,008			8 O Кислород 16,0000			9 F Фтор 19,000			10 Ne Неон 20,183	
	15 P Фосфор 31,02			16 S Сера 32,06			17 Cl Хлор 35,457			18 Ar Аргон 39,944	
	23 V Ванадий 50,95			24 Cr Хром 52,01			25 Mn Марганец 54,93		26 Fe Железо 55,84	27 Co Кобальт 58,94	28 Ni Никель 58,69
	33 As Мышьяк 74,91			34 Se Селен 78,96			35 Br Бром 79,916			36 Kr Криптон 83,7	
	41 Nb Нисбий 93,3			42 Mo Молибден 96,0			43 Ma Мазурий (?)		44 Ru Рутений 101,7	45 Rh Родий 102,91	46 Pd Палладий 106,7
	51 Sb Сурьма 121,76			52 Te Теллур 127,61			53 J Иод 126,92			54 X Ксенон 131,3	
	73 Ta Тантал 181,4			74 W Вольфрам 184,0			75 Re Рений 186,31		76 Os Осмий 191,5	77 Ir Иридий 193,1	78 Pt Платина 195,23
	83 Bi Висмут 209,00			84 Po Полоний (210,0)			85 Am Алабамий (?)			86 Rn Радон (222)	
	91 Pa Протактиний (231)			92 V Уран 238,14							
	65 Tb Тербий 159,2	66 Dy Диспрозий 162,46		67 Ho Гольмий 163,5		68 Er Эрбий 167,64	69 Tu Тулий 169,4		70 Yb Иттербий 173,04	71 Lu Лютеций 175,0	



ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. Курс минералогии. 1907/8 г.
2. Он же. Опыт описательной минералогии.
3. Он же. История минералов земной коры.
4. Он же. Очерк геохимии.
5. Вернадский В. И. и Курбатов С. М. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги.
6. Земятченский П. А. Учебник минералогии.
7. Зильберминц В. А. Руководство и таблицы для определения минералов.
8. Лебедев. Учебник минералогии. 1907.
9. Менделеев. Основы химии.
10. Разумовский. Определение минералов по наружному виду и при помощи паяльной трубки.
11. Смольянинов Н. А. Определитель минералов. 1938.
12. Самойлов Я. В. Минералогические очерки. 1933.
13. Солодовникова Л. Л. Краткий курс минералогии. 1938.
14. Титов. Минералогия. 1938.
15. Ферсман А. Е. Геохимия. 1930—1939.
16. Он же. Занимательная минералогия. 1937.
17. Он же. Окраска минералов. 1937.
18. Флинт Е. Е. Практическое руководство по геометрической кристаллографии.
19. Фрицман Э. Х. Природа тяжелой воды.
20. Курс минералогии, коллектив ленинградских авторов. 1936.
21. Спутник геохимика и минералога.
22. Таблицы физических величин ГТТИ. 1933.
23. Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых.
24. Дана Е. Описательная минералогия.
25. Коббель Франц. Таблицы для определения минералов помощью простых химических испытаний сухим и мокрым путем. 1911.
26. Реми. Учебник неорганической химии.
27. Bailey D. and K. Etymological dictionary of chemistry and mineralogy.
28. Danne J. Ford. A text-book of mineralogy.
29. Dana E. The system of mineralogy.
30. Clarke F. The data of geochemistry.
31. Kraus and Hunt. Mineralogy.
32. Rutley Read. Elements of mineralogy.
33. Winchell N. and A. Elements of optical mineralogy. 1927.
34. De Launay L. Traité de metallogénie. 1913.
35. Emmons W. H. The enrichment of sulphide ores.
36. Imperial Institute. Monographs on mineral resources with special references to the British Empire.
37. Lindgren W. Mineral deposits.
38. Duparc L. et Monnier A. Traite de technique mineralogique et petrographique 1913.
39. Hintze C. Handbuch der Mineralogie.
40. Niggli. Lehrbuch der Mineralogie. 1926.

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

- Авантюрин 176
Аваруит 229, 230, 400
Авгит 167, 189
 Агат 178
 Агальматолит 162
 Агвиларит 323
 Адамин(ит) 292, 331
 Адуляр 204
 Азот 108
Азурит 115, 342, 351, 357
Айкинит 136, 364, 365
 Айналит 393
 Акантит 317
 Аквамарин 383, 384
 Акмит 210
Аксинит 170, 245, 249
Актинолит 167, 194
Алабандит(ин) 136, 237, 238
 Алаит 241
 Александрит 380
 Алланит 412
 Аллемонит 301
 Аллофан 150
Алмаз 114, 115, 116
Алтаит 308, 312, 313
 Алумианит 150
Алунит 112, 138, 150, 162, 258
 Алуноген 150
Алюминий 148
 Алюмогидрокальцит 114, 262
Альбит 150, 168, 201, 204, 206, 251
 Альгодонит 292
 Альканасул 258
Альмандин 169, 216, 230
 Альстонит 122
 Амазонит 204
 Амальгама золота 296
 — **серебра** 296, 297
 Амблигонит 125, 389
 Амесит 170
 Аметист 153, 176
 Аммониевые квасцы
 Амфибол 166, 192
Анальцим 111, 169, 226, 227
 Анапаит 125
Анатаз 395
Ангидрит 137, 262, 267
Англезит 137, 325, 328
 Английская соль 275
Андалузит 150, 167, 199
Андезин 204
Андрадит 169, 216, 230, 262
 Анкерит 115, 122, 229, 262
 Анкилит 279
Аннабергит 292, 400, 403
 Аннит 169, 220
Анортит 106, 150, 166, 168, 201, 204, 208, 262
Антимонит 136, 302
 Антигорит 185
Антофиллит 167, 193, 271
 Антраконит 263
 Антрацит 115
Апатит 106, 124, 126, 262, 285
 Апофиллит 106, 111, 112, 167
Арагонит 115, 122, 126, 262, 267
 Арандизит 275
Аргентит 317
 Аргентоярозит 316
 Аргон 421
Аргиродит 137, 412
 Аркверит 297
 Арсенолит 107, 292
Арсенопирит 294
 Арсентит 136
Арфведсонит 167, 197
 Асбест 185
Асболан 351, 362
 Асперолит 355
 Астраханит 251, 271
 Астрофиллит 395
 Асфальт 115, 242
Атакамит 105, 132, 342, 351, 354
 Атласный шпат 263
Аурипигмент 136, 293
Аурихальцит 115, 331, 339, 342
 Аутунит 417
 Афтиталит 258
 Ахремаит 367
 Ахроит 249
 Аширит 354
Бадделейт 385
 Базальтическая роговая обманка 196
 Базаномелан 398
 Базобисмутит 115, 364
 Баритокальцит 115, 262, 282
 Бархатная обманка 234

- Барий** 280
 Барилит 282, 380
Барит 107, 282
 Бастнезит 115
 Беегерит 136
 Бейделлит 150
 Бейрихит 400
 Беккерелит 414
 Бемит 150
 Березовит 404
Берилл 106, 169, 381
Бериллий 380
 Бериллонит 125
Бертгерит 136, 304
 Берцелианит 323
 Бетафит 111
 Бианкит 332
 Биберит 137, 360
Биотит 220, 222, 230
Бирюза 125, 130, 150, 342
Бисмит 364, 365
 Бисмут 366
 Бисмутинит 364
 Бисмутит 115
 Бисмутаурит 364
 Бисмугоасмальтин 351
 Бисмутоферит 364
Битовнит 204
Бишофит 105, 111, 133, 271, 276
 Благородный опал 181
Блеклые руды 136, 314, 347
Боксит 150, 157
 Болеит 133
 Больтонит 182
Бор 244
 Борат 248
Борацил 107, 242, 246, 271
Борнит 137, 342, 352
 Боронатрокальцит 245
 Борт-борц 118
 Бравоит 400
 Браггит 407
 Бразилит 385
 Браннерит 415
 Браунит 237
 Брейнерит 122
 Брейслакит 185
 Брейтгауптит 400
 Бриллиант 118
Бром 133
 Бром-аммоний 134
 Бромирит 134
 Бромлит 115
Бронзит 167, 188
Брошантит 137, 342, 351, 358
 Брукит 395
Брусит 111, 112, 272
 Брюстерит 106, 169, 279, 282
 Буланжерит 136
 Бумажный шпат 263
 Буنزенит 400
Бура 107, 112, 242, 246, 251
 Бурая стеклянная голова 235
- Бурнонит** 136, 305
 Бурые железняки 233
 Бурый шпат 122
 — уголь 115
- Вавелит 112, 125, 150
 Вад 237, 239
 Вагнерит 125, 271, 285
Валентинит 302, 305
 Вальпурин 415
Ванадий 241
Ванадинит 107, 133, 241, 242, 325
 Ванденбрандеит 414
 Ваноксит 241
 Вантгофит 251, 271
 Варвикит 395
 Варисцит 125
Везувиан 169, 212, 262
 Вейсит 312
 Велерит 385
 Вермикулит 220
 Вернадскит 342
Вернерит 217
Вивианит 106, 112, 125, 129, 229
 Вилуит 212
Виллемит 167, 331, 336
 Виллиомит 285
Висмут 363
 Висмут самородный 364
 Висмутаурит 308
 Висмутин 364
Висмутит 365
 Висмутовая охра 365
 Висмутовое золото 308
Висмутовый блеск 136, 364
Витерит 115, 122, 282, 284
 Витнеит 292
 Виттит 323
 Виттихенит 136, 364
 Вишневит 137
Вода 105, 111, 113
 Водород 110
 Вокеленит 404
Волканит 323
Волконскоит 406
Воластонит 167, 191, 262
 Волосатик 176
 Волосистый колчедан 401
 Вольцит 105
Вольфрам 369
Вольфрамит 107, 230, 238, 371, 373
 Волховит 115
 Воробьевит 169, 249
Вульфенит 107, 325, 367, 369
 Вюртцит 334
- Гадолинит 380
 Гайдингерит 292
 Гакманит 168
Галенит 136, 325
 Галенобисмутит 324
Галит 132, 251, 252
 Галлуазит 150

- Галмей 336
 Галотрихит 229
 Ганит 105, 150, 331
 Гармотом 169, 282
Гарниерит 400, 402
 Гастингсит 197
 Гаусманит 237
Гафний 413
 Гацерит 237
 Гаюин 137, 168, 211
 Геденбергит 191
 Гейландит 169
Гейлюссит 114, 251, 257, 262
 Гексагидрит 277
 Геленит 167
 Гелий 253
 Гельвин 137, 380
Гематит 107, 229, 230
 Гемиморфит 336
 Геокронит 136
Германий 413
 Герсдорфит 292, 400
 Герцинит 150
Гессит 312, 313
 Гетерогенит 351
Гётит 106, 111, 112, 229, 235
 Гиалит 181
 Гиалофан 168, 282
 Гиббсит 156
Гидраргиллит 106, 111, 112, 150, 156
 Гидробисмутит 115
Гидроборацит 112, 245, 247, 271
 Гидрожиобертит 281
 Гидроксилапатит 127
 Гидромагнетит 114, 271
 Гидроромеит 107, 112
 Гидронефелин 169
 Гидрослюда 220, 223
 Гидроторит 415
Гидротроилит 111, 137, 147, 229
 Гидроцеруссит 325
 Гидроцинкит 114, 331
 Гидрофан 106
 Гиератит 167, 285
 Гильпинит 415
 Гинсдалит 125
Гиперстен 167, 189, 229, 271
 Гипс 112, 137, 262, 268
 Глауберит 137, 251
Глаукодот 292, 359, 360
Глаукоцит 220, 223
Глаукофан 167, 197
 Гмелинит 169
 Гольдшмидтит 312
 Гопеит 125
 Гербахит 400
 Горный хрусталь 176
Госларит 137, 332, 338
Гранат 166, 214
Графит 114, 115, 118, 119
Гриноцит 136, 341
Гроссуляр 166, 168, 214, 262
Грюнерит 194, 230
- Грюнлинцит 137, 364
 Гаунахуатит 323, 364
 Гуаринит 385
 Гуллит 375
 Гулсит 375
 Гумит 271, 285, 414
 Гюбнерит 238, 371
- Дамурит 219
 Данаит 360
 Даналит 331, 380
 Данбурит 170, 245
 Датолит 170, 245
 Дафнит 170
 Девин 168
 Девиндит 415
 Деклуазит 112, 241, 332
 Делоренцит 415
 Демантоид 216
 Демидовит 355
 Десмин 169, 226
 Дешенит 241
Джемсонит 136, 304
Диаспор 106, 111, 150, 155
 Диморфит(ин) 293
Диопсид 167, 191, 214, 218
 Диоптаз 342, 351
Дипир 218
 Дискразит 301
Дистен 106, 150, 167, 199
 Дитрихит 332
 Дитцеит 134
 Добреелит 137, 229
Доломит 115, 122, 262, 271, 274
 Домейкит 292
 Досчатый шпат 191
 Дравит 249
 Дюмонтит 415
Дюмортьерит 150, 245, 250
 Дюфренуазит 136
 Дымчатый кварц 176, 290
- Еггестонит см. Эггестонит
 Еремеевит 245
- Жадит** 209, 251
Жедрит 167, 193
Железо 227
 — самородное 230
Железная слюдка 230
 — шляпа 235
 Железный блеск 230
 Железный шпат 236
 Железо-никелевый колчедан 401
 Желтый никелевый колчедан 401
 Жемчужная слюдка 225
 Жировик 278
 Жюльенит 360
- Замбонинит 285
Заратит 400, 403
 Змеевик 135
Золото 306
 — самородное 306, 308

Золотая амальгама 306
Змеевик 185

Игольчатая руда 365
Идокраз 212
Известково-глиноземистый гранат 214
Известковый шпат 262
Изумруд 249
Ильваит 230
Ильземанит 367
Ильменит 226, 229, 395, 396
Ильменорутит 393, 395
Индиголит 249
Иниоит 245, 262
Инфузорная земля 181
Иоганнит 415
Иод 133
Иодирит 134
Иод-аммоний 134
Иодобромит 134
Иорданит 136
Иосидерит (ионит) 229
Иридий 407
Иридий осмистый 409
Иридистая платина 407
Исландский шпат 263
Истонит 169, 220
Иттротанталит 393

Кадмий 340

Кадмиевая обманка 341
Казолит 415
Кайнит 258, 260, 271
Кайзерит 150
Калаверит 312
Калаит 130
Каламин 168, 331, 336
Каледонит 115
Калий 257
Калиевые квасцы 258
Калиевый полевой шпат 202
Калиевая селитра 107, 109, 258
Калинит 138, 150
Каломель 132, 296, 300
Кальций 261
Кальцит 106, 115, 122, 262
Кальциевый уранит 417
Кальциофлюбортит 242
Камасит 230
Каменный уголь 115, 120
Каменная соль 253
Канницарит 364
Канкринит 168
Канфилдит 137, 375, 413
Каолин 106, 111, 150, 159
Каолинит 112, 159
Караколит 251
Карбонатапатит 127
Карбоцер 115
«Карбункул» 216
Карбуран 115
Карбонадо 118

Карналлит 105, 111, 133, 258, 259
Карнегит 271
Карнотит 242, 258, 415, 418
Касситерит 107, 375, 376
Кастор или касторит 390
Катаплетит 385
Кварц 106, 107, 167, 170
Кеммерерит 170
Керамит 200
Кераргирит 132, 321
Кермезит 105, 137, 305
Керченит 125, 229
Кехлинит 367
Кианит 199
Кизерит 137, 261, 271, 275
Кизылгур 181
Килиндрит 137, 375
Кильбрикенит
Киноварь 136, 293, 296, 297
Кислород 104, 421, 427
Клапротоит 136
Кларкеит 414
Клаусталит 323
Клиногумит 285
Клиноцоизит 169
Клинохлор 112, 170, 224
Кнопит 395
Кобальт 358
Кобальтин 292, 351, 361
Кобальтовый блеск 137, 361
Кобальтовый кальцит 360
Кобальто-мышьяковистый колчедан 360
Кобальт-пирит 359
Кобальтовые цветы 362
Кобальт-халькантит 360
Ковеллин 136, 342, 346, 351
Козалит 136
Кокимбит 230
Колеманит 245, 262
Колорадоит 296, 312
Кольбекит(ин) 375
Колумбит 106, 393
Комозит 367, 375
Конгсбергит 297
Кордиерит 111, 169, 271
Коринит 400
Корнерупин 271
Корууд 105, 107, 150, 152
Коссирит 198
Котуннит 324
Кочубеит 225
Ксенон 421
Креннерит 311, 312
Кремень 165
Кремневое стекло 181
Кремний 164
Кремерзит 258
Криогалит 254
Криолит 150, 151, 285
Криолитионит 389
Криптогалит 167
Кристобалит 167, 173, 176

Крoвaвый кaмень 232
Крoвaвик 232
Крoкидoлит 197
Крoкoит 107, 243, 325, 405
Крoнштeдит 170
Крyкeзит
Кcантoкoнит 137
Кcантoсидeрит 229
Кceнoтим 125, 410
Кубaнит 342
Кукeит 391
Куммингтонит 194
Купeрит 407
Куприт 107, 342, 351, 353
Купрoбисмyтит 136
Купрoкуприт 343
Купрoтунгстит 371
Купрoшeелит 371
Купфeрит 194
Купфeрникeль 402
Кypскит 125, 285
Кюрит 107, 112, 414
Кюстeлит 306

Лaбpaдop 204

Лaвpeнcит 229
Лaзoрeвый кaмень 211
Лaзулит 125
Лaзyрит 137, 168, 211, 252
Лaксмaнит 404
Лaмпрoфиллит 395
Лaнгбейнит 258
Лaнтaнит 114
Лapceнит 331
Лaурионит 133
Лaурит 413
Лaутaрит 134
Лeвeит 251
Лeвигит 138, 150, 258
Лeд 111, 114
Лeдгиллит 114
Лeйкocaпфир 153
Лeйкoфocфит 258
Лeйцит 106, 150, 166, 208
Лeйхтeнбepгит 214, 225
Лeллингит 221, 292
Лeонгaрдит 169
Лeонит 258, 271
Лeпидoкрoкит 229, 235
Лeпидoлит 169, 219, 389, 391
Лeпидoмeлaн 220, 222
Лepбaxит 223
Лeшaтeльepит 167
Либcтeнит 125
Ливингcтoнит 136, 296
Лиллиaнит 364
Лимонит 112, 229, 235
Линдгрeнит 367
Линнeит 137, 351
Литий 388
Литиeвый турмaлин 389
Литиoфиллит 125
Ломoнтит 169

Лoпapит 395
Лopaндит 136, 292, 412
Лoуcонит 169
Лунный кaмень 204
Лyчистый кaмень 194
Льюисит 395
Ляпис-лaзyрь 211

Магнeзит 115, 122, 271, 273

Магнeзиo-aнтофиллит 193
Магнeзиo-крoнштeдит 170
Магнeзиo-фeррит 214, 234
Магнeтит 105, 229, 232
Магнeтoфиллит 193
Магний 270
Магниeвые минeралы 270
Магнитный жeлeзняк 232
— кoлчeдaн 147
Мaйepcит 342
Мaкингoшит 415
Мaлaxит 106, 111, 112, 114, 342, 351, 356

Мaлиновыи шпaт 240
Мaллaдрит 167, 285
Мaллapдит 137, 238
Мaльдoнит 285

Мaнганит 106, 111, 237, 239

Мaнгaнoaпaтит 126
Мaнгaнoзит 237

Мaргaнец 236

Мaргaнцoвый шпaт 240

Мaргapит 111, 112, 150, 225

Мaриaлит 169, 217

Мaркaзит 137, 143, 229

Мaртит 232

Мaршит 134, 342

Мaтлoкит 133

Мaскaньит 108

Мaссикoт 325

Мaухepит 400

Мeдь 341

— cамopоднaя 342, 343, 351

Мeдистoe зoлoтo 306

Мeднaя зeлeнь 356

— лaзyрь 357

— cинь 357

— ypaнoвaя cлoдкa 417

Мeднoe индигo 346

Мeдный блeск 345

— изyмpyд 354

— кoлчeдaн 349

— кyпopoc 357

Мeзитин 273

Мeзoлит 169

Мeйонит 169, 210, 217, 218

Мeлaкoнит 354

Мeлaнoхpoит

Мeлaнтepит 137, 229

Мeлaнoфлoгит 137

Мeлaфир 178

Мeлилит 167

Мeллит 107, 112, 115, 150

- Мелонит 312, 400
 Мельниксит 111, 137, 229
 Мендоцит 138, 150
 Менегинит 136
 Меркаллит 258
 Мероксен 169
 Метациннабарит 296
 Метландит 415
 Миаргирит 136, 317
 Миаскит 211
 Миерсит (майерсит) 134
 Мизенит 258
 Микроклин 201, 204
 Миллерит 136, 400, 401
 Миметезит 133, 292, 325
 Минасрагрит 242
Мирабилит 107, 112, 137, 251, 255
 Миспикель 294
 Моддерит 351
 Мозандрит 395
Молибден 366
 Молибденит 367
Молибденовый блеск 136, 367
 Молибденовая охра 367
 Мблибдит 107, 367, 369
 Молибдофиллит 325
 Молизит 229
 Молочный кварц 176
Монацит 125, 411
 Монгеймит 331
 Монетит 125
 Монтанит 107
 Монтроидит 296
 Монтмориллонит 150
 Монтичеллит 167
Моренозит 137, 400, 403
 Морион 176
 Мороксит 126, 218
 Моссит 393
Муллит 150, 200
 Мурманит 395
Мусковит 111, 112, 169, 219, 220, 258
 Мутманнит 312
Мышьяк 291
 — самородный 291
 Мышьяковый колчедан 294, 303
- Нагиагит 137, 311, 312**
 Накрит 159
Нантоцит 132, 342, 351, 354
 Настуран 146
Натрий 250
 Натрит 256
Натролит 111, 112, 169, 226, 252
 Натрокальцит 257
Натровая или чилийская селитра 107, 108, 109
 Натровые квасцы 251
 Натрофиллит 125
 Науманит 323
Нашатырь 108, 110, 132
 Нахколит 115, 251
- Невьянскит 407, 409**
 Нейзильбер 399
Немалит 272
 Непуит 402
 Нептунит 395
 Неон 431
 Нефрит 195
Нефелин 168, 210, 252
 Нефелиновые сенинты 211
 Нефть 115
 Ниглиит 312, 407
Никель 399
 Никелевый изумруд 403
 Никелевый колчедан 401
 Никелевый купорос 403
 Никелевые цветы 403
Никелин 400, 402
Ниобий 392
 Нитробарит 282
 Нитроглауберит 108, 251
 Нитрокальцит 108, 112, 162
 Нитромагнетит 112
 Нозеан 137, 168
 Нонтронит 168
 Норденшильдит 375
 Нортунит 115
 Нумеит 167
- Озокерит 112, 115
 Оксикерченит 125, 229
 Октибегит 230
Оливин 106, 167, 183, 271, 400
Оливенит 292
Олигоклаз 204
 Олигоклазовый шпат
 Олигонит 122
Олово 374
 — самородное 375
 Оловянный камень 377
 — колчедан 375
- Ольдгамит 262
 Оолит 267
Осмий 407
 Онофрит 296
Опал 111, 112, 167, 170, 179
 — благородный 180
 — огненный 180
- Опока 181
 Ораджит 419
Ортит 412
Ортоклаз 106, 150, 166, 168, 202, 258
 Орлец 240
 Отавит 341
 Отэнит-отунит 125, 262, 415, 417
 Офит 185
- Павлит 189
 Палладий 431
 Палладистое золото 306, 413
 Палладистая платина 407
 Пальгорскит 167
 Пандермит 242
 Парагонит 169, 219

Паргасит 196
Паризит 114
Парсонсит 415
Паскоит 242
Патераит 367
Патринит 365
Патронит 136, 241, 242
Пахнолит 105
Пектолит 251
Пеннин 170
Пентландит 136, 229, 400, 401
Перидот 183
Периклаз 105, 271
Перовскит 262, 395, 398
Петалит 389, 390
Петцит 312
Пиккерингит 271
Пикотит 406
Пикромерит 258, 271
Пинтадоит 242
Пираргирит 136, 319
Пирит 137, 143, 229
Пироксен 230
Пиролоюзит 107, 237, 238
Пироморфит 125, 133, 243, 345
Пироп 169, 216, 271, 404
Пиростибнит 305
Пиростильпнит 319
Пирофиллит 106, 111, 112, 150, 162
Пирохлор 395, 415
Пирротин 137, 147, 229
Пирсеит 292
Пирсит 136
Пистомезит 273
Письменная руда 310
Питтицит 229, 292, 295
Плавик 285
Плавиковый шпат 285
Плагноклаз 168, 204, 251, 262
Платина 407
Платина самородная 407
Платнерит 325
Плюмбостаннин 375
Плюмбозинкит 325
Поваренная соль 277
Повеллит 107, 262, 367, 368, 371
Подолит 125
Полевые шпаты 201
Полигалит 258, 259, 262, 271
Полиаргирит 136
Полидимит 400
Полибазит 136, 321
Поликсен 407
Полилитионит 169, 219
Полуопал 181
Поллуцит 410
Полукс 410
Порпечит 413
Портландит 262
Пренит 169
Протолитионит 169, 219
Пройдонит 167
Прохлорит 170

Прустит 136, 292, 320
Псевдобрукит 395
Псевдолейцит 209
Псиломелан 237, 239
Пуфалит 375
Пухерит 241
Пушкинит 212
Пьемонтит 169, 212
Пэйджеит 375

Раммельсбергит 292, 400
Ратовкит 288
Раухтопаз 176
Раувит 415
Реальгар 136, 292
Ревдинскит 400
Редкие земли 410
Ретзерфордин 415
Ремолит 359
Ренардит 415
Рибекит 167, 197
Риккардит 312
Ринколит 279
Риннеит 133, 258
Роговая обманка 167, 195, 230
Роговая ртутная руда 300
Роговообманковый асбест 195
Роговое серебро 320
Родистое золото 413
Родит 413
Родонит 167, 192, 240
Родохрозит 115, 122, 238, 240
Розелит 360
Розенбушит 385
Ромеит 107
Роскозлит 219, 242, 243
Ртуть 295
Ртуть самородная 296
Ртутная блеклая руда 296
Рубин 153
Рубиновая слюдка 234
Рубеллит 249
Рutil 107, 395

Сагениит 176, 191
Сакиит 277
Салеит 415
Салит 191
Самарскит 393, 412, 415
Самородный висмут 364
— кобальт 324, 359
— свинец 324
— селен 323
— теллур 312
— цинк 331, 359
Санидин 204
Сапфир 249
Сапфирин 150, 170, 271
Сарторит 136, 292
Сассолин 112, 245

- Сафлорит 292, 359
 Сванбергит 125
Свинец 323
 Свинцовый блеск 325
 — купорос 329
Селен 322
 Селенит 268
Селенистая сера 136, 323
 Селенистый пирит 323
 — теллур 312
 Селеноyarozит 323
 Селитра 108
 Селлаит 271, 285
Сенармонтит 305
Сера 134
 — самородная 136, 139
 Сервантит 303
Серебро 315
 — самородное 310, 316
 Серебряный блеск 317
 Серицит 219, 221
 Сернистый ангидрид 137
 — газ 137
 Серный колчедан 143
 Сероводород 136, 141
Серпентин 106, 111, 112, 167, 185, 400
Сидерит 115, 122, 229, 236
 Сидероплезит 236, 273
 Сидерофиллит 169, 220
Силлиманит 150, 167, 198
Сильванит 310, 312
Сильвин 132, 258
 Сингенит 258, 262
 Сиштофит 180
 Скакит 132
Скаполит 169, 217
 Склероклаз 292
 Склодовскит 415
 Сколецит 169
Скородит 106, 112, 229, 292, 294
 Скупит 414
 Скуттерудит 292, 351
Слюда 218
Смальтин 292, 352, 361
Смитсонит 115, 122, 331, 338
 Смоляная урановая руда
Сода 106, 111, 112, 115, 251, 256
 Содалит 133, 168, 252
 Соддит 415
 Спаржевый камень 126
 Сперилит 292, 407
 Спессартин 238
 Сподиазит 125
Сподумен 389
 Ставролит 150, 170, 230
Станнин 137, 375
 Стассфуртит 246
 Стеатит 278
Стефанит 136, 230
 Стеркорит 125
 Стибиобисмутинит 365
 Стибиопалладинит 301
 Стибиотанталит 393
 Стибиоколумбит 393
 Стибнит 302
 Стибнит-антимонит 302
 Стокесит 375
Стронцианит 115, 122, 279, 280
 Стронциано-кальцит 279
Стронций 278
 Струвит 125
 Сукцинит 122
 Сульванит 240
 Сульфатапатит 127
 Сульфогалит 133, 138, 251
 Сурик 107, 325
Сурьма 301
 — самородная 301
 Сурьмяный блеск 302
Сфалерит 136, 331, 332
 Сфен 398
 Сферокобальтит(ин) 115, 360
Сысерскит 407, 409
 Тагилит 125
Таллий 412
Тальк 106, 111, 112, 167, 195, 271, 277
 Талькапатит 126
 Танатарит 150
 Тангеит 242, 262
Тантал 392
Танталит 393, 394
 Тапиолит 393
 Тарапакоит 404
 Тарновитцит 122
 Таумасит 137
 Тахидрит 133, 262, 271
 Тейлорит 258
Теллур 311
 — самородный 312
Теллуригит 312, 314
 Теллуристое золото 308
 Теллуристый калаверит 308
 — креннерит 308
 — нагиагит 308
 — петцит 308
 Теллуровисмутит 312, 364
Тенардит 137, 251, 254
Теннантит 136, 292, 342, 348
Тенорит 107, 342, 351, 353
 Терлингваит 105, 133, 296, 300
 Термонаитрит 115, 251
 Термьерит 150
Тетрадимит 137, 312, 314, 364
 Тетраздрит 136, 342, 348
 Тефроит 167, 238
 Тигровый глаз 197
 Тиллит 375
 Тиманнит 296, 323
 Тинкаль 246
Титан 394
Титанит 106, 262, 395, 398
 Титанистый железняк 396
 Титаномагнетит 232
 Тихвинит 279

Томсонит 169, 226
Топаз 166, 285, 288
Торбернит 125, 415, 417
Торианит 414, 419
Торит 415
Торий 414
Торолит 375
Торогуммит 415
Трансваалит 351
Треггерит 415
Тремолит 167, 194
Трепел 181
Тридимит 167, 177
Триплит 125
Триплоидит 125
Трифан 389
Троилит 136, 138, 229
Трона 115, 251, 256
Туингстениит 136, 371, 373
Туингстит 371, 373
Туранит 242
Турмалин 170, 245, 248
Турьит 229, 235
Тухолит 115
Тяжеловес 288
Тяжелый шпат 282
Тюркуаз = бирюза
Тюямуюнит 242, 262, 415, 418
Тэнит 230

Уванит 242, 415
Уваровит 169, 406
Углекислота 115, 121
Углерод 114
Уголь 114
Узбекит 242
Улексит 245
Ульманит 400
Ультрамарин 311
Умангит 323
Уралит 191, 195
Уран 414
Уранинит 107, 414, 415
Урановая слюдка 417
Уранолибдит 367
Уранопилит 138, 415
Ураноспинит 415
Ураносферит 414
Ураноталлит 115, 415
Уранофан 415
Ураноцирцит 125, 282, 415
Урао 256
Узвеллит фавас 115
Уэльсит 282

Фальэрц = блеклые руды
Фаматинит 137, 342
Фармаколит 262, 292, 295
Фармакосидерит 229
Фаялит 167, 185, 229
Фенакит 167, 381
Фенгит 169

Ферберит 371
Ферганит 242, 415
Фергюсонит 393, 415
Ферморит 126, 279
Феррит 230
Ферритунгстит 112, 371
Ферроантофиллит 193
Ферромалибдит 112
Ферронемалит 273
Ферроплатина 407
Ферсманит 395
Фибролит 198
Филиппсит 169
Фистацит 211
Флогопит 112, 169, 220, 222
Флюеллит 105, 285
Флюорит 262, 285
Фоглит 115, 415
Фольбортит 107, 112, 241
Форстерит 106, 167, 181, 271
Фосгенит 115, 133, 325
Фосфор 123
Фосфорит 125, 181
Фосфосидерит 125
Фосфуранилит 415
Франкеит 375
Франклинит 331
Фрейслебенит 136
Фтор 284
Фторанатит 126, 285
Фукусиит 219

Халцедон 167, 178, 300
Халькантит 137, 342, 351, 357
Халькозин 136, 342, 345, 351
Хальколит 417
Халькопирит 137, 229, 342, 349
Халькотрихит 353
Херценбергит 375
Хиастолит 199
Хиолит 150, 251, 285
Хлоантит 292, 400
Хлопинит 395, 415
Хлор 131, 195
Хлоралюминит 150
Хлорапатит 126, 133
Хлорит 224
Хлоритоид 111, 170, 224, 230
Хондродит 111, 167, 271, 285
Хризоберилл 380
Хризоколла 167, 342, 351, 355
Хризолит 183, 249
Хризопраз
Хризотил 185
Хризотил-асбест 185, 194
Хром 403
Хром-берилл 404
Хром-диоксид 404
Хром-жадеит 404
Хром-оливин 404
Хром-турмалин 404
Хром-эпидот 404
Хромит 105, 229, 404

- Хромистый железняк 404
Хромовая шпинель 406
Хьелмит 375
Хьюэтит 242
- Цейнерит 415
Целестин 137, 279
Цельзиан 166, 282
Цеолит 226, 427
Цеолит-анальцим 209
Цеолит натровый 227
Церуссит 115, 122, 325, 329
Цилиндрит = килендрит
Цимофан 380
Цинвальдит 219, 389
Цинк 330
Цинкалуминит 332
Цинкениит 136, 304
Цинкит 105, 331, 335
Цинковая обманка 332
Цинковый купорос 338
Цинковый шпат 338
Цинкозит 332
Цинкокальцит
Циннабар 297
Циппеит 138, 415
Циркон 106, 167, 385, 386
Цирконий 385
Циркелит 415
Цитрин 176
Цоизит 169
Цоргит 323
- Чермгит 108, 137, 150
Черный землистый кобальт 362
— теллур 311
Чилениит 462
Чилийская селитра 251
Чиллагит 367, 371
- Шабазит 112, 169
Шамозит 230
Шанявскит 150
Шварценбергит 134
Шватцит 296
Шеелит 107, 262, 371
Шерл или шерлит 249
- Шессилит 357
Шинколобит 415
Шмальтин 360
Шпейсовый кобальт 360
Шпинель 105, 150, 154, 271
Штейнманнит 326
Штольцит 325, 371
Штютцит 312
Шунгит 115, 120
- Щелочной апатит 126
- Эвдиалит 385, 387
Эвкайрит 323
Эвклаз 380
Эвколит 227, 387
Эвкрипит 168
Эгириин 210, 227, 230, 251
Эглестонит 133, 296
Элатерит 115
Электрум 306, 308
Элеолит 210
Эльбаит 249
Эльпидит 385
Эмболит 134, 318
Эммонсит 312
Эмплектит 136, 364
Эналит 415
Энаргит 137, 292, 342
Энглишит 258
Энигматит 167, 198
Энстатит 106, 167, 188, 271
Эпидот 106, 111, 169, 211, 262
Эпсомит 112, 137, 271, 275
Эритрин 107, 112, 292, 360, 362
Эритросидерит 229, 258
Эсмеральдит 229
Эшинит 393
- Юкспорит 395
- Якобсит 237
Янтарь 107, 112, 115, 122
Янтинит 414
Ярозит 138, 230
Яшма 424

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	5

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Количество минеральных видов и их номенклатура	7
Внешняя форма минералов	8
Физические свойства минералов	14
Окраска минерала или его цвет	14
Цвет черты минерала	15
Блеск	16
Прозрачность	16
Спайность и излом	16
Скольжение	18
Фигура удара	18
Твердость	19
Удельный вес	23
Химические свойства минералов	27
Полиморфизм	28
Изоморфизм	29
Твердые растворы	32
Диссоциационные системы	32
Физические смеси	32
Коллоидальные системы	33
Структуры	35
Методы исследований	37
Паяльная трубка	38
Люминисцентный анализ	46
Детальные исследования	48
Оптические методы исследования минералов	51
Искусственное получение минералов	69
Генезис и парагенезис	71
Зональное строение и химический состав земной коры	73
Термодинамические зоны литосферы и их химический характер	76
Циклы минералообразования	78
Магматический цикл	78
Осадочный цикл	84
Метаморфический цикл	86
Типы минеральных месторождений	86
Краткий очерк истории минералогии	88
Классификация минералов	95
Условные обозначения и терминология	103

ОПИСАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Минералы кислорода	104
Минералы азота	108
Минералы водорода	110
Минералы углерода	114
Минералы фосфора	123
Минералы хлора	130
Минералы иода и брома	133
Минералы серы	134

Алюминиевые минералы	148
Минералы кремния	164
Простые окислы	170
Изоморфная группа оливина	181
Группа пироксенов	187
Группа амфиболов	192
Полиморфные разновидности—силлиманит—андалузит—дистен	198
Группа полевых шпатов	201
Плагиоклазы	204
Алюмосиликаты пиррофиллитового ряда	208
Продукты присоединения к алюмосиликатам	210
Группа граната	214
Группа скаполита (вернерита)	217
Группа слюд	218
Группа биотита	222
Группа хлорита и хлоритоида	224
Цеолиты	226
Минералы железа	227
Бурые железняки	233
Марганцовые минералы	236
Ванадиевые минералы	241
Минералы бора	244
Натровые минералы	250
Калиевые минералы	257
Кальциевые минералы	261
Магниеые минералы	270
Стронциевые минералы	278
Бариевые минералы	281
Минералы фтора	284
Мышьяковые минералы	291
Ртутные минералы	295
Минералы сурьмы	301
Минералы золота	306
Минералы теллура	311
Минералы серебра	315
Минералы селена	322
Минералы свинца	323
Минералы цинка	330
Минералы кадмия	340
Минералы меди	341
Кобальтовые минералы	358
Висмутовые минералы	363
Молибденовые минералы	366
Минералы вольфрама	369
Минералы олова	374
Бериллиевые минералы	380
Циркониевые минералы	384
Литиевые минералы	388
Ниобовые и танталовые минералы	392
Минералы титана	394
Никелевые минералы	399
Хромовые минералы	403
Минералы платиновой группы	407
Минералы редких и рассеянных элементов	410
Минералы редких земель	411
Минералы таллия и германия	412
Минералы элементов четвертой группы	413
Минералы радиоактивных элементов	414
Обзор минералов по генетическому признаку	420
Приложение. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева	430
Использованная литература	432
Указатель минералов	433

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	Кто виноват
31	5 сн.	$Ka_2Al_2Si_6O_{16}$	$Na_2Al_2Si_6O_{16}$	Редактор
58	Подрис. подпись	Подписи фиг. 26 и 27 поменять местами.		»
68	12 сн.	$MS = 2d \sin \beta$	$MS = 2d$	Автор
72	23 „	$(Be_3Al_2SiO_3)_6$	$Be_3Al_2(SiO_3)_6$	Вед. ред.
92	1 „	(род. 1800)	(род. 1900),	Коррект.
111	23 св.	гидротроил	гидротроилит	»
120	11 „	Завалы	Завалье	Редактор
133	13 „	$(PbCl)P_4(PO_4)_3$	$(PbCl)Pb_4(PO_4)_3$	Автор
138	6 „	K_2SO_4	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$	Считчик
138	9 сн.	черемигит	чермигит	Автор
168	13 „	$CaAl_2Si_2O_8(An)$	$CaAl_2Si_2O_8(An)$	Коррект.
199	17 св.	Бенджамена Силлимана Дэна.	Бенджамена Силлимана	Редактор
247	Подрис. подпись фиг. 101	Инерское озеро	Индерское озеро	»
311	7 сн.	тенуритами	теллуритами	Вед. ред.
333	23 „	ZnCO	ZnCO ₃	Редактор
372	13 „	Бураковское	Бурановское	»
377	Подпись под фото	Подписи фиг. 1 и фиг. 2 поменять местами.		»
384	15 св.	(см. хризоберилл)	(см. вольфрамит)	»
Начиная со стр. 358 до конца вместо весовых кларков ошибочно приведены атомные кларки.				Автор

ИЗДАНИЕ
РЕПЕРТРИЗ

2459