

М. Н. ЧУЕВА

17/1 51, г. Днепропетровск.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ.
АНАЛИЗ
ШЛИХОВ И РУДНЫХ
КОНЦЕНТРАТОВ

*Допущено
Министерством высшего образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений
геолого-разведочной специальности*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА — 1950

ВВЕДЕНИЕ

Изучение тяжелых минералов началось со времени добычи золота и платины из россыпей.

Первоначально изучение производилось невооруженным глазом, при этом минералы определялись по их внешним признакам. В связи с открытием россыпных месторождений вольфрама, олова и других металлов, стали совершенствоваться и методы изучения шлихов. На помощь невооруженному глазу пришли оптические приборы и химические методы исследования.

В ходе развития метода шлихового анализа стали применять разделение шлихов по крупности, просмотр их под бинокулярной лупой и простейшие химические методы исследования, а в дальнейшем — микрохимические исследования и наблюдения под микроскопом с применением иммерсии.

Ведущая роль в разработке современного метода шлихового анализа принадлежит советским ученым, которые продолжают работу по дальнейшему совершенствованию этого метода.

По мере развития горнодобывающей промышленности СССР, шлиховой метод все более совершенствуется и внедряется в практику поисков и изучения месторождений полезных ископаемых.

Особенно бурно шлиховой метод стал развиваться с 1930 г., когда по инициативе академика С. С. Смирнова в Советском Союзе впервые начали проводиться большие геолого-съёмочные и геолого-разведочные работы со шлиховым опробованием рыхлых отложений. В это же время создается ряд шлиховых лабораторий при Центральном научно-исследовательских институтах в Москве (ВИМС, Гиредмет, Нигризолото), Ленинграде (Цнигри, Академия наук), Свердловске, Иркутске и других городах, а также на рудниках и при геологических экспедициях.

Обобщая опыты работы по всему Советскому Союзу, коллектив советских исследователей систематически разрабатывает и совершенствует методику шлихового анализа.

Одной из первых русских работ, обобщающих результаты достижений советских исследователей, является работа Е. А. Вороновой, опубликованная в 1931 г., а затем работы М. Н. Чуевой и Е. В. Копченовой, опубликованные первая в 1937 и вторая в 1940 гг.

За последнее десятилетие при шлиховом анализе стали широко использоваться люминесцентный и спектральный методы, применяемые как при диагностике минералов, так и при количественной оценке полезных компонентов.

Начиная с 1940 г. шлиховой анализ применяется не только при изучении минералов, полученных из россыпей, но и при исследовании тяжелых фракций, полученных из раздробленных (протолочных) проб массивных горных пород. В настоящее время геологическая съемка коренных пород обычно сопровождается взятием протолочных проб с целью установления присутствия в них минералов, содержащих редкие металлы. Изучение тяжелых фракций, полученных из дробленых пород, более сложно, чем изучение шлихов, полученных из россыпей. В связи с этим и методика шлихового анализа усложняется. Изучение тяжелых фракций в этом случае сопровождается микроскопическим исследованием цементных прозрачных шлифов, изготовленных из дробленого материала.

Шлиховой анализ находит широкое применение также и при исследовании дробленых руд и продуктов их обогащения. В этой области, наряду с методикой шлихового изучения материала, используются также методы минераграфического исследования цементных полированных шлифов.

В настоящее время шлиховой метод исследования минералов широко применяется не только при поисках и изучении уже открытых месторождений, но и при разработке методов обогащения разнообразных руд.

Настоящее пособие рассчитано главным образом на лиц, начинающих работать в области определения минералогического состава шлихов и рудных концентратов. Пособие построено следующим образом: сначала описываются методы разделения на фракции шлихов и рудных концентратов, затем дается методика собственно минералогического анализа фракций с применением микроскопических и химических исследований. В особые главы выделено описание минералов по фракциям. Кратко описываются методы люминесценции.

Для более удобного пользования этим пособием описание минералов в каждой фракции разбито по группам согласно современной химической классификации минералов. Внутри каждой группы минералы расположены по алфавиту названий. Описание микрохимических реакций приведено также в алфавитном порядке по элементам.

Шлихи отличаются от концентратов, полученных из искусственно измельченных руд и пород. Поэтому для более быстрого определения минералов производятся их характеристика и диагностика как в шлихах, так и в концентратах измельченных руд.

ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. ПОНЯТИЕ О ШЛИХЕ И РУДНОМ КОНЦЕНТРАТЕ

Шлихами называют концентраты рыхлых природных отложений, полученные при отмывке в воде и обогащенные тяжелыми минералами. Концентраты отмывки измельченных твердых пород и руд называют искусственными шлихами или рудными концентратами¹.

Образование рыхлого материала россыпей происходит в результате дезинтеграции, переноса и отложения продуктов выветривания пород. При этом мало устойчивые хрупкие минералы разрушаются, а более устойчивые, обладающие высокой твердостью и не поддающиеся окислению, сохраняются и накапливаются в россыпях. В шлихах обычно отсутствуют или очень редко сохраняются такие характерные для зоны окисления минералы, как повеллит, молибдит, тунгстит, валентинит, малахит, брошантит, аурихальцит, эритрин и др. Накоплению этих минералов в россыпях мешают их хрупкость и агрегатное строение.

Рудные минералы с совершенной спайностью, как, например, вольфрамит, сохраняются и накапливаются в россыпях лишь на сравнительно небольшом расстоянии от коренного месторождения. Сульфиды, особенно сульфиды висмута и сурьмы, довольно легко окисляются и отличаются повышенной хрупкостью, поэтому они не концентрируются в россыпях. Все же пирит — довольно обычный минерал шлихов. Реже встречаются халькопирит, арсенопирит, киноварь, галенит, молибденит.

В связи с этим, состав естественных шлихов нередко проще состава рудных концентратов искусственно измельченных пород, в которых не произошло предварительной естественной сортировки минералов по удельному весу, твердости, хрупкости и другим физическим свойствам. Кроме того, в шлихах минералы нередко сохраняют свойственные им кристаллографические формы, тогда как в концентратах это наблюдается значительно

¹ Исторически термин «шлих» возник при добыче золота из россыпей для обозначения попутного или промежуточного концентрата материала россыпи. В дальнейшем он был распространен на концентраты промывки всех рыхлых пород, получаемые для выделения тяжелых минералов при разведке, поисках и геологических исследованиях.

реже: при дроблении руд и пород грани минералов обычно нарушаются.

Исключение составляют пирит, апатит, гранат, рутил, турмалин, циркон и некоторые другие минералы, которые при дроблении в той или иной степени сохраняют свои кристаллические грани.

Различна и степень освобождения минералов от сростков с другими минералами. В шлихах резко преобладают мономинеральные зерна, а в рудных концентратах сростки составляют значительную часть. Кроме того, для шлихов характерна и различная степень окатанности минералов. В дробленых рудах минералы не окатаны.

Указанными различиями определяются и различия в методике исследования естественных шлихов и концентратов измельченных руд: исследование рудных концентратов иногда оказывается несколько сложнее.

В зависимости от содержания тяжелых минералов шлихи и концентраты можно подразделить на черные и серые.

Черные шлихи и концентраты получают при чистой доводке, т. е. при хорошей отмывке тяжелых рудных минералов от легких.

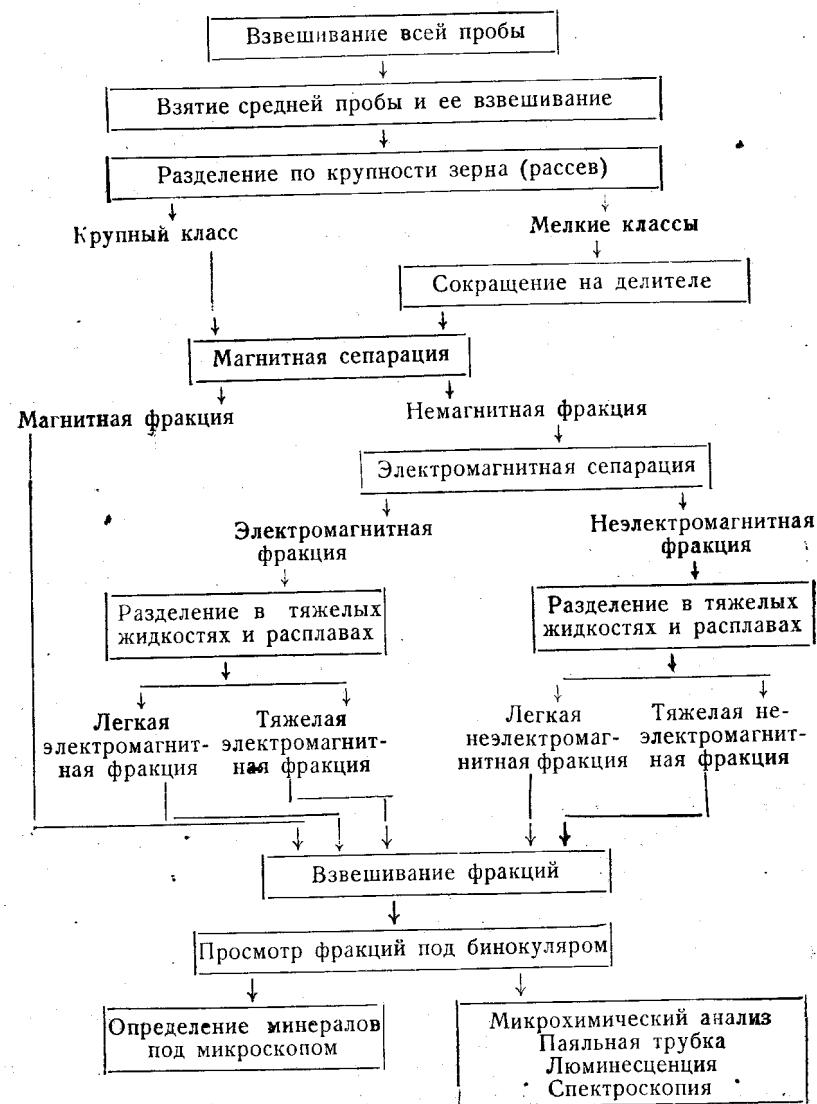
Серые шлихи и концентраты сильно засорены легкими порообразующими минералами, т. е. они хуже отмываются или менее доведены. Шлихи и рудные концентраты, содержащие шепилит или минералы свинца, цинка, меди, молибдена, ванадия и других металлов из зоны окисления, имеют светлый цвет, даже когда по степени концентрации тяжелых минералов они соответствуют черным шлихам.

2. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

В состав шлихов и рудных концентратов может входить большое количество минералов. Распознавание и количественное определение этих минералов трудно вести без предварительного разделения шлихов или рудных концентратов на фракции с небольшим числом возможных минералов. Такое фракционирование основано главным образом на магнитных свойствах и удельном весе минералов. Выделение мономинеральных фракций и фракций, обогащенных каким-либо минералом, не только оказывает помощь при диагностике минералов, но является также основным приемом при количественном минералогическом анализе шлихов и концентратов.

Собственно минералогический анализ полученных фракций состоит из определения минералов по внешнему виду под биноклем, оптического исследования под микроскопом и проверки химическими реакциями. Кроме того, для качественного и количественного определения некоторых минералов применяется люминесценция, а в специальных случаях — спектральный анализ и некоторые другие методы.

Наиболее обычный ход анализа хорошо отмываемых шлихов может быть представлен в виде следующей схемы:



В зависимости от характера материала (шлихи или рудные концентраты) и целей анализа эта схема может несколько изменяться.

ГЛАВА II. ПОДГОТОВКА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА

Подготовка шлихов и рудных концентратов включает: взятие средней пробы, рассев на ситах, магнитную и электромагнитную сепарацию и разделение по удельному весу путем отмывки и отдувки или с помощью тяжелых жидкостей и расплавов. Средняя проба и полученные после подготовки фракции взвешиваются на технических весах с точностью до 0,01 г.

1. ВЗЯТИЕ СРЕДНЕЙ ПРОБЫ

Шлихи или рудные концентраты нередко поступают в лабораторию в количествах, значительно больших, чем требуется для анализа, и в таких случаях они подлежат сокращению, т. е. выделению из них средней пробы.

Средняя проба по минералогическому составу и количественным соотношениям присутствующих минералов должна с достаточной точностью представлять исходную массу шлиха или рудного концентрата. В большинстве случаев вес средней пробы, необходимой для полного минералогического анализа, составляет 10—20 г. В том случае, если шлихи богаты магнитными и электромагнитными минералами (магнетит, ильменит, гематит, пироксены, амфиболы, гранаты), среднюю пробу следует брать большего веса, чтобы с большей чувствительностью установить наличие или с большей точностью определить содержание полезного редкого минерала, концентрирующегося в неэлектромагнитной фракции.

Серые шлихи, богатые легкими минералами, перед взятием средней пробы необходимо домыывать, т. е. концентрировать в них тяжелые минералы.

Среднюю пробу рекомендуется брать из равномернозернистого материала, в котором колебания размера зерен не превышали бы десятых долей миллиметра. Если проба состоит из очень неоднородного по крупности материала, необходимо произвести рассев на ситах, т. е. отделить крупнозернистый материал (с размером зерен более 1 мм) от мелкозернистого материала (с размером зерен менее 1 мм), и взять среднюю пробу из мелкого класса.

Выделение средних проб рекомендуется производить на маленьком лабораторном делителе Джонса (рис. 1) или на конус-



Рис. 1. Делитель Джонса

ном делителе Глаголева. Среднюю пробу взвешивают и помещают в бумажный капсульт, на котором записывают ее вес (рис. 2).

2. РАССЕВ НА СИТАХ

Рассев, т. е. разделение пробы по крупности зерна, применяют в том случае, если материал весьма неоднороден по крупности. Более однородный по крупности материал, каким являются продукты отсева, называемые классами, обеспечивает большую чистоту последующего фракционирования по магнитным свойствам и удельному весу. Кроме того, рассев облегчает определение количественных отношений между минералами и дает характеристику материала по крупности.

При узкой классификации, т. е. при большом количестве применяемых сит, между размерами отверстий в смежных ситах должно существовать определенное отношение, называемое модулем классификации. Так, в одном из наиболее распространенных наборов сит модуль равен $\sqrt{2}$, а за основание принято стандартное сито 200 меш (200 квадратных отверстий на 1 линейный дюйм со стороны квадрата, равной 74 микронам или 0,074 мм).

Размеры отверстий (в мм) и соответствующее их количество в меш для сит этого набора приводятся на стр. 10.

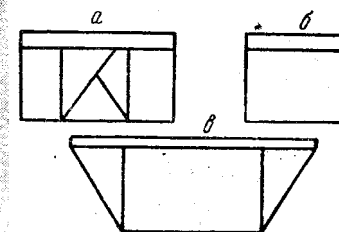


Рис. 2. Бумажный капсульт

а — в завернутом виде с нижней стороны; *б* — в завернутом виде с верхней стороны; *в* — в развернутом виде

мм	меш	мм	меш	мм	меш	мм	меш
6,680	3	1,651	10	0,583	28	0,147	100
4,690	4	1,168	14	0,417	35	0,104	150
3,327	6	0,833	20	0,295	48	0,074	200
2,362	8						

3. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Следующая операция после взятия средней пробы и ее взвешивания — магнитная сепарация постоянным подковообразным магнитом (рис. 3). На простой магнит притягиваются сильно магнитные минералы: магнетит, титано-магнетит, пирротин и самородное железо.

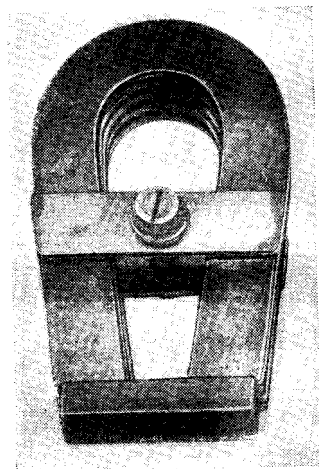


Рис. 3. Подковообразный магнит

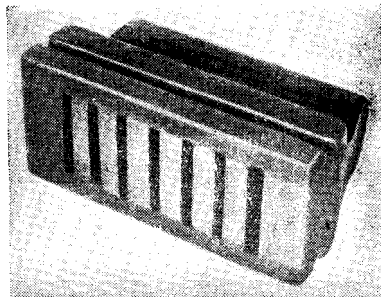


Рис. 4. Постоянный магнит Сочнева

Работа с таким магнитом весьма проста. Материал рассыпают на большом листе гладкой бумаги и разравнивают слоем толщиной 1—2 мм. Чем тоньше слой, тем меньше возможность загрязнения магнитной фракции немагнитными минералами. Над этим слоем несколько раз проводят магнитом. Для быстрой очистки магнита от притянутых магнитных минералов на его полюсы предварительно надевают чехлы из папиросной бумаги. Обычно провести магнитом один раз недостаточно: пробу несколько раз смешивают и разравнивают в тонкий слой. Эту операцию повторяют, пока на магнит не перестанут притягиваться магнитные минералы. Если проба богата магнитными минералами, то вначале следует магнит держать над слоем пробы на некотором расстоянии, чтобы не захватить посторонних минералов. При последующих повторных операциях магнитом уже можно касаться пробы. Наиболее быстро магнитная сепарация осущест-

вляется с помощью многополюсного постоянного магнита Сочнева. Этот магнит представляет собой рифленую пластинку, отлитую из никель-алюминиевой стали. Пластинка намагничена таким образом, что рифли образуют семь положительных и семь отрицательных полюсов, чередующихся между собой. Эта пластинка вмонтирована в деревянную или алюминиевую колодку, которая служит рукояткой. Промежутки между рифлями зашпаклеваны, так что рабочая поверхность магнита оказывается гладкой (рис. 4).

В качестве простого магнита можно также использовать без включения тока электромагнит, если у него удобно расположены полюсы.

В результате сепарации простым магнитом получаются магнитная фракция и немагнитный остаток, который в дальнейшем разделяется электромагнитом.

4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Немагнитный остаток, полученный при оттягивании пробы постоянным магнитом, подвергают затем электромагнитной сепарации (рис. 5). На электромагнит притягиваются минералы с меньшей магнитной проницаемостью, чем магнетит и пирротин. Существуют различные типы электромагнитов, рассчитанные на питание постоянным током от разных источников — от динамомашин и от различных выпрямителей (электролитических, селеновых, ртутных, купроксных и др.).

В полевых условиях при отсутствии электромагнита можно использовать магнит повышенной интенсивности Сочнева, в некоторой степени заменяющий этот электромагнит. Однако этот магнит все же значительно слабее электромагнита и работа с ним идет медленно.

Распространенный электромагнит Окунева допускает силу тока до 8 а.

Лабораторным требованиям удовлетворяет также электромагнит, рассчитанный на 0,3—0,5 а, который питается постоянным током от осветительной сети через выпрямитель, работающий на кенотронах типа ВО-116 и др. Выпрямитель рассчитывается при этом на несколько диапазонов, при помощи которых регулируется сила тока, подаваемая на электромагнит. В зависимости от изменения силы тока в электромагните изменяется сила магнитного поля. Соответственно

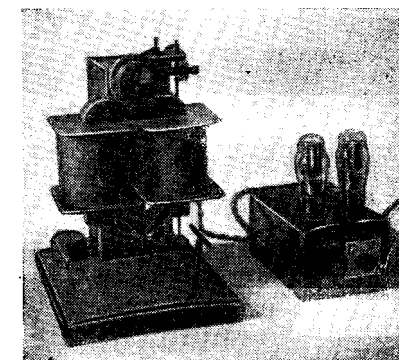


Рис. 5. Электромагнит

этому минералы с различной магнитной проницаемостью попадают в различные фракции. Обычно на применяемых моделях электромагнитов можно выделить три электромагнитные фракции: сильно электромагнитную, средне электромагнитную и слабо электромагнитную.

Магнитная проницаемость минералов зависит главным образом от содержания в минерале железа. Реже и в меньшей степени она может быть связана с наличием некоторых других элементов. В сильно электромагнитную фракцию входят рудные железосодержащие минералы: гематит, ильменит, лимонит, хромит и некоторые другие. В средне электромагнитную фракцию обычно входят железосодержащие силикаты: амфиболы, пироксены, гранаты, эпидот. В слабо электромагнитной фракции наблюдаются минералы, содержащие железо в небольшом количестве, или минералы, магнитные свойства которых обуславливаются содержанием других элементов, как, например, сфен, окислы марганца, монацит и другие.

Электромагнитная сепарация производится следующим путем. Сначала включают выпрямитель, затем электромагнит. После включения электромагнита в электрическую цепь под полюсы или под один полюс, в зависимости от конструкции электромагнита, подносят материал на одной половине (например левой) стеклянной пластинки в виде ровного слоя толщиной не более 1—3 мм. Зерна электромагнитных минералов притягиваются к полюсам. Затем под полюсы подносят стеклянную пластинку другой половиной (правой), на которую, при выключении тока, приставшие зерна осыпаются. Операцию повторяют многократно, до тех пор пока полюсы не перестанут притягивать минералы. Для того чтобы избежать засорения электромагнитной фракции неэлектромагнитными минералами, вначале не следует подносить материал близко к полюсам электромагнита: его необходимо держать на расстоянии 3—5 мм. В противном случае сильно магнитные минералы притягиваются толстым слоем и увлекают за собой неэлектромагнитные минералы. Пробу приходится высыпать несколькими порциями, потому что из всей массы невозможно оттянуть в один прием все магнитные минералы. После оттягивания каждой порции полюсы электромагнита тщательно вычищают кисточкой.

Наличие сростков в концентратах дробленых руд загрязняет электромагнитные фракции неэлектромагнитными минералами и, наоборот, немагнитные фракции — магнитными минералами. Для получения более чистых фракций приходится прибегать иногда к дополнительному измельчению.

В результате электромагнитной сепарации получаем одну или несколько электромагнитных фракций и одну неэлектромагнитную. Число электромагнитных фракций зависит от минералогического состава проб и задач исследования.

5. РАЗДЕЛЕНИЕ В ТЯЖЕЛЫХ ЖИДКОСТЯХ И РАСПЛАВАХ

За электромагнитной сепарацией следует разделение в тяжелых жидкостях или расплавах.

Разделению в тяжелых жидкостях обычно подвергают неэлектромагнитную фракцию, так как она, как правило, засорена легкими минералами (с уд. весом меньше 2,9), что затрудняет проведение минералогического анализа. Большей частью легкие минералы не представляют интереса при анализе шлихов и рудных концентратов¹.

Наиболее употребительные жидкости — бромформ и жидкость Туле. Бромформ представляет собой органическое соединение с уд. весом 2,8—2,9. Жидкость Туле — водный раствор двойной соли $HgJ_2 \cdot 2KJ$ с уд. весом 3,17—3,19. Для работы более удобен бромформ, так как он по сравнению с жидкостью Туле значительно подвижнее и разделение в нем происходит быстрее и чище. Жидкость Туле становится более подвижной, если разбавить ее водой и довести ее удельный вес до 2,9.

В некоторых случаях для разделения применяются легкоплавкие соли. Наиболее употребительна из них азотнокислая закисная соль ртути $HgNO_3 \cdot H_2O$ с температурой плавления 70° и уд. весом расплава 4,3—4,1 и ниже в зависимости от содержания в соли воды.

При разделении в тяжелой среде получаем две фракции: легкую и тяжелую. В зависимости от того, какая разделяется фракция — электромагнитная или неэлектромагнитная, получаем тяжелую и легкую электромагнитные или неэлектромагнитные фракции. Обычно по удельному весу разделяют неэлектромагнитную фракцию. Ниже приводится описание способов разделения шлихов в бромформе и в расплаве азотнокислой закиси ртути.

При разделении бромформом в легкую фракцию уходят все минералы, которые имеют уд. вес меньше 2,9: кварц, полевые шпаты, цеолиты, неокрашенные слюды и др., а в тяжелой фракции концентрируются рудные минералы, в частности содержащие благородные и редкие металлы.

Разделение бромформом, так же как и другими тяжелыми жидкостями (жидкости Туле и Сушина—Рорбаха), производится следующим образом. В стеклянную делительную воронку с притертым краном или в простую химическую воронку с резиновой трубкой и зажимами наливают бромформ (рис. 6). Удобнее употреблять простую химическую воронку диаметром около

¹ В случае серых шлихов, особенно если они богаты легкими электромагнитными минералами или ожелезненными кварцем и полевым шпатом, не представляющими интереса при анализе шлихов, разделение в тяжелых жидкостях может производиться и до магнитной сепарации, или после магнитной сепарации, но перед электромагнитной, или, наконец, после выделения сильно электромагнитной фракции.

8—10 см, на конец которой надета резиновая трубка диаметром 1 см. Перед тем как налить в воронку бромформ, конец резиновой трубки закрывают зажимом. В воронку с бромформом засыпают пробу и тщательно перемешивают тонкой стеклянной палочкой; минеральные зерна, приставшие к палочке, смывают бромформом обратно в воронку. Все минералы с удельным весом выше, чем у бромформа, падают в нижнюю часть резиновой трубки, образуя тяжелую фракцию, а минералы с удельным весом ниже бромформа всплывают в нем, образуя легкую фракцию; минералы с удельным весом, равным удельному весу бромформа, будут находиться во взвешенном состоянии. К последним относятся окрашенные слюды, большая часть которых обычно оттягивается электромагнитом.

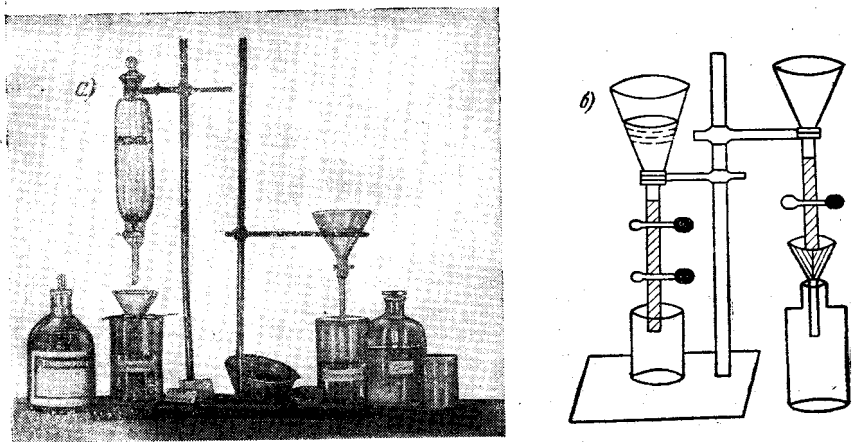


Рис. 6. Установка для разделения шлихов по удельному весу в бромформе
 а — разделение в делительных воронках с притертыми пробками; б — разделение в простых химических воронках с резиновыми трубочками и зажимами

Установив момент окончательного разделения по удельному весу минералов в данной жидкости, зажимают резиновую трубку вторым зажимом выше положения столбика тяжелой фракции. После этого открывают первый зажим, закрывающий самую нижнюю часть трубки, и бромформ с тяжелой фракцией выливают в небольшой химический стаканчик или фарфоровую чашечку. Бромформ из стаканчика с тяжелой фракцией сливают осторожно опять в воронку таким образом, чтобы зерна минералов тяжелой фракции не попали в легкую фракцию.

Тяжелую фракцию, чтобы очистить ее от бромформа, промывают в стаканчике спиртом-ректификатом 2—3 раза и после промывки сушат на электрической печи (или на другом источнике тепла). Легкую фракцию спускают на фильтр в воронку, конец которой погружен в склянку для бромформа, после чего

легкую фракцию и воронку, служившую для разделения, также промывают спиртом.

Весь промывной спирт с бромформом собирают в отдельный сосуд и по мере накопления подвергают регенерации. Для этой цели спирт смешивают с водой и получают чистый бромформ, который образует сначала эмульсию, похожую на молоко, а через несколько времени, вследствие большого удельного веса, опускается на дно сосуда в виде сплошного слоя.

Таким образом, большая часть бромформа, которая пошла на смачивание пробы, воронки, стаканчика и фильтра, регенерируется и может опять пойти в работу. Промывку фракций от бромформа можно производить также техническим или метиловым спиртом или ацетоном. В этом случае регенерацию бромформа производят таким же путем, как и с ректификатом.

Так как легкая фракция обычно не представляет интереса при анализах на полезные ископаемые, то, в целях экономии времени и материала, ее собирают в общий фильтр для целой серии проб.

Необходимо отметить, что разделение шлихов происходит быстрее и чище, чем разделение материала измельченной руды: в последнем случае часть тяжелых минералов, которые находятся в сростках с легкими, остается во взвешенном состоянии. Наличие большого количества сростков чрезвычайно затрудняет разделение и получение чистых (освобожденных от легких минералов) тяжелых фракций.

Проще разделение тяжелыми жидкостями производить в фарфоровых выпаривательных чашечках диаметром 5—7 см. В чашечки наливают жидкость и загружают пробу. После перемешивания стеклянной палочкой легкую фракцию осторожно сливают в воронку на фильтр. Ту и другую фракции очищают от бромформа так же, как при разделении в воронках.

Значительно труднее производить разделение в расплаве азотнокислой закиси ртути, так как соль приходится подогревать в пробирке на пламени спиртовки. В расплавленную соль кладут небольшую порцию пробы (не больше 1 г). Соль продолжают подогревать. После разделения столбик расплавленной соли с тяжелой и легкой фракциями охлаждают. Затем пробирку разбивают и столбик разрезают по границе между тяжелой и легкой фракциями. Тяжелую и легкую фракции отмывают от соли каждую отдельно в горячей воде, подкисленной азотной кислотой, и затем высушивают.

Во избежание расхода пробирок разделение в расплавах можно производить в высоких тигельках. После остывания соли сначала снимают маленькой фарфоровой ложечкой верхний слой соли с легкой фракцией. Последнюю переносят в другой тигелек и отмывают от соли горячей подкисленной водой. Тяжелая фракция остается в первом тигле и в нем же отмывается от соли.

Значительно реже применяется при разделении шлихов и рудных концентратов метод центрифугирования.

Следует отметить значительную токсичность жидкости Туле, жидкости Сушина—Рорбаха и азотнокислой закиси ртути, как и всех хорошо растворимых ртутных соединений. Возможны случайные острые отравления при попадании растворов в рот или на кожу. Кроме того, выделяющиеся из растворов, особенно при высушивании фракций после разделения, пары ртути проникают в атмосферу помещения и при длительной работе могут вызвать у работающих явления хронического ртутного отравления. Особенно опасно проливать жидкость, так как в этих случаях ртуть проникает в деревянные части мебели и пола, чем постоянно поддерживается в атмосфере помещения определенная концентрация паров ртути.

Парам бромформа также свойственна токсичность, хотя и в значительно меньшей степени. Поэтому разделение в тяжелых жидкостях и расплавах и все связанные с ними манипуляции следует производить в вытяжном шкафу с хорошей тягой. При работе с ртутными соединениями (жидкости Туле, Сушина—Рорбаха, азотнокислая закись ртути), кроме того, следует надевать резиновые перчатки.

6. ДОВОДКА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПУТЕМ ОТМЫВКИ

На исследование часто поступают недоведенные шлиховые пробы, т. е. очень загрязненные легкими минералами. Обилие легких минералов обычно затрудняет разделение в тяжелых жидкостях и вызывает большой расход дорогостоящих тяжелых жидкостей. Во избежание этого применяют доводку проб путем отмывки их в воде на лабораторном деревянном лоточке или в алюминиевой сковородке. В случае отсутствия лоточка или сковородки можно пользоваться маленькими фарфоровыми чашечками, но в них производить отмывку значительно труднее, так как материал скользит по дну чашечки. Маленькую чашку при этом погружают в большую: легкие минералы смываются в большую чашку, тяжелые минералы концентрируются на доводочном приборе. Безусловно, при отмывке не получается точного разделения на легкие и тяжелые минералы. Но все же при этом происходит концентрация рудных минералов: мы получаем концентрат, загрязненный легкими минералами, и хвосты с примесью небольшого количества тяжелых минералов. Доведенные шлиховые пробы в дальнейшем разделяются по общей схеме.

Если шлиховая проба богата темноокрашенными породообразующими минералами из группы силикатов — амфиболами, пироксенами, гранатами и др., рекомендуется до промывки выделить из пробы эти минералы электромагнитом. Так как они имеют промежуточный удельный вес между легкими минералами и рудными, содержащими редкие металлы, то большая

их часть при отмывке уходит в хвосты. Более тяжелые минералы сносятся в хвосты в гораздо меньшей степени.

Если проба богата магнетитом, следует предварительно из нее оттянуть магнетит. При этом уменьшается масса пробы, и отмывка идет потом быстрее.

В рудных концентратах отмывка дает худшие результаты (в хвосты уходит больше тяжелых минералов) вследствие наличия сростков и пластинчатой или угловато-неправильной формы зерен. В шлихах, наоборот, окатанность зерен облегчает их отмывку.

Если в рудном концентрате есть переизмельченный материал, необходимо перед доводкой производить дешламацию путем взбалтывания дробленого материала в воде и слива тонких взмученных частиц. Шламы собирают отдельно и исследуют особыми методами, которые в данной работе не освещаются.

7. ДОВОДКА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПУТЕМ ОТДУВКИ

Наряду с мокрым способом доводки шлихов и рудных концентратов существует сухой способ обогащения путем отдувки воздушной струей, регулируемой движением губ. Можно производить отдувку материала крупностью 0,1—1 мм, материал же тоньше 0,1 мм отдувать очень трудно. Для отдувки берут лист упругой белой бумаги размером 9×12 см и сгибают его пополам по длинной стороне. Пробу высыпают небольшими порциями (около 2 г) в углубление бумаги, затем бумагу с пробой берут двумя пальцами правой руки и кладут в несколько наклонном положении на ладонь левой руки. Материал в бумажке слегка встряхивают. При встряхивании легкие минералы выступают на поверхность отдуваемой пробы и легким движением губ с поверхности пробы сдуваются на большой лист бумаги, подостланный под руками на столе. Таким образом, на большом листе бумаги собирается легкая фракция, в незначительной мере загрязненная рудными минералами, а тяжелая фракция остается на согнутой бумаге.

Перед отдувкой, так же как и перед отмывкой, пробу лучше предварительно подвергнуть магнитной и электромагнитной сепарации, чтобы отделить магнетит, гематит и окрашенные пороодообразующие минералы.

Способ отдувки более употребителен для шлихов, чем для рудных концентратов. Очень трудно производить отдувку концентратов измельченных руд вследствие наличия в них сростков и угловатой или пластинчатой формы зерен. Отдувка применяется значительно реже, чем отмывка, ввиду того что в первом случае материал частично распыляется и теряется.

ГЛАВА III. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

После разделения шлиха или рудного концентрата на фракции, последние подвергают минералогическому анализу, который состоит в просмотре их под биноклем и определении минералов с помощью главным образом химических и оптических методов, в меньшей степени люминесценции и спектроскопии.

Ниже остановимся отдельно на описании каждого из упомянутых методов.

1. ПРОСМОТР ПОД БИНОКУЛЯРОМ

Шлиховой материал обычно представлен мелкими минеральными частицами, трудно определяемыми невооруженным глазом.

Для получения рудных концентратов также в большинстве случаев приходится измельчать материал до размеров меньше 1 мм. Поэтому при исследовании шлихов и рудных концентратов необходимо применение бинокля с большими увеличениями (рис. 7). Следует отметить также, что под биноклем возможно исследовать лишь материал, крупностью не меньше 0,01 мм, так как минеральные частицы меньшего размера трудно извлекать в виде отдельных зерен для определения физических свойств и оптической и химической проверки минералов.

Под биноклем минералы определяют по внешнему виду, физическим и химическим свойствам: форме зерен, габитусу кристаллов, характеру кристаллических граней, осколков, излома, спайности, штриховке, прозрачности, блеску, цвету, твердости и растворимости в кислотах.

Просмотр под биноклем проводят при электрическом свете (с лампой не меньше 70—100 вт)¹. При отсутствии электричества можно работать при дневном свете в хорошо освещенном солнцем помещении. При наблюдениях употребляют бесцветные или белые плоские стекла размером 9×12 см. Стекло помещают под объективом бинокля на столе непосредственно или на деревянной плоской подставке, или на сто-

¹ Очень хороши для работы с биноклем осветители, снабженные низковольтными лампочками (12—20 вт на 5—8—12 в), например выпускаемый нашей промышленностью осветитель типа ОИ-7.

лике бинокля. Высота подставки зависит от фокусного расстояния объектива. Если стекло бесцветное, для лучшей видимости под него подкладывают белый или черный лист бумаги (в зависимости от индивидуальных свойств работающего). Исследуемый материал высыпают на стекло в виде вытянутой полоски и перебирают иглой или тонким лезвием бритвы. По мере просмотра материала стекло постепенно передвигают по направлению полоски. Зерна, не поддающиеся определению по внешнему виду или нуждающиеся в проверке, извлекают и переносят на предметное стекло размером 2×4 см при помощи слегка увлажненной иглы или пинцета с тонкими концами для определения или проверки оптическими и химическими методами.

При определении минералов под биноклем большое значение имеет форма зерен. Минеральные зерна в шлихах резко отличаются по характеру от минеральных зерен в концентратах измельчен-

ных руд. В шлихах минералы находятся обычно в виде мономинеральных зерен и редко в сростках, причем частично или полностью сохраняется свойственная им кристаллографическая форма, нарушаемая лишь той или иной степенью окатанности зерен. По характеру поверхности граней различают кристаллы гладкие, ямчатые, штрихованные и ступенчатые. По габитусу различают кристаллы призматические, столбчатые, таблитчатые, дощатые, пластинчатые и изометричные.

В том случае, когда минералы в шлихах имеют нарушенные грани, форма зерен зависит от спайности или же они имеют неправильные очертания, которые определяются характером излома.

При просмотре шлихов важно учитывать степень окатанности зерен. В этом отношении можно грубо различать слабо окатанные, средне окатанные и сильно окатанные зерна. В слабо окатанных зернах немного сглажены неровности излома или, при сохранившихся кристаллах, частично сглажены ребра и вершины. В средне окатанных зернах исчезают выступы неровностей излома и остаются небольшие углубления, в кристаллах исчезают полностью ребра и вершины, но форма граней еще не нарушена. Поверхность в сильно окатанных зернах совершенно гладкая: здесь отсутствуют и выступы и углубления. В сильно

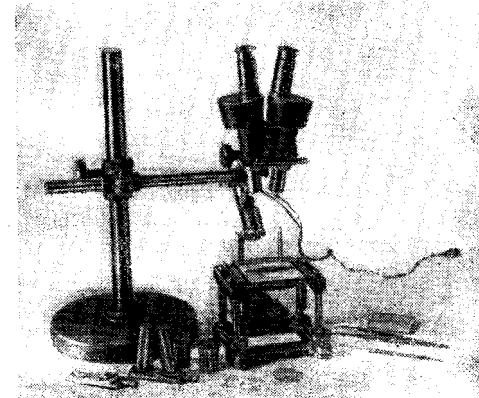


Рис. 7. Бинокль

окатанных кристаллах полностью исчезают грани, и минералы призматического облика принимают яйцевидную удлинненную форму, а минералы изометрического габитуса — округлую.

В концентратах измельченных руд кристаллографическая форма более нарушена: в этом случае преобладают неправильные зерна, различные по характеру излома, или пластинчатые осколки по спайности. Количество таких осколков зависит от спайности, какой обладает минерал. В случае совершенной спайности минерал колется исключительно по спайности и неправильные зерна по сравнению с пластинчатыми наблюдаются в незначительном количестве.

Наличие спайности у минералов устанавливают под бинокляром по пластинчатой форме осколков и ступенчатым сколам на таблитчатых пластинках.

Прозрачность минерала под бинокляром устанавливают в ненарушенных зернах по их просвечиванию или по характеру порошка. У прозрачных минералов порошок обычно белый или светлоокрашенный в различные оттенки, которые зависят от густоты и характера окраски минерала. Следует учитывать также, что темноокрашенные прозрачные минералы в крупных зернах не всегда просвечивают, а раздробленные в порошок не так сильно окрашены и просвечивают лучше.

Непрозрачность минералов устанавливают по темному, совершенно не просвечивающему порошку.

Легкая фракция состоит из прозрачных неокрашенных минералов; исключение составляет графит. В тяжелой неэлектромагнитной фракции непрозрачные минералы представлены сульфидами или самородными металлами. Электромагнитная фракция содержит как прозрачные, так и непрозрачные минералы. Магнитная фракция представлена исключительно непрозрачными рудными минералами.

Блеск в мелких зернах также лучше наблюдать под бинокляром. По этому признаку различают минералы с металлическим, полуметаллическим или металлоидным, алмазным, жирным, смолистым и стеклянным блеском. Минералы магнитной фракции имеют металлический блеск. В электромагнитную и тяжелую неэлектромагнитную фракции входят минералы с металлическим, стеклянным, алмазным блеском и др. Минералы легкой фракции обладают преимущественно стеклянным или перламутровым блеском.

При определении цвета минерала различают окраску, свойственную самому минералу, и окраску, связанную с загрязнением, т. е. окраску налетов и пленок, например, пленок гидрооксидов железа и марганца.

Наиболее светлой окраской обладают легкая и тяжелая неэлектромагнитные фракции. В первой, при общем преобладании белых или светлых минералов, могут встречаться из окрашенных минералов хлориты, серпентин, нонтронит, берилл. Во вто-

рой к наиболее темноокрашенным минералам обычно относятся рутил, реже касситерит, сульфиды и самородные металлы.

Магнитная и сильно электромагнитная фракции представлены непрозрачными темноокрашенными железосодержащими минералами. Средне и слабо электромагнитные фракции по окраске несколько светлее магнитной и сильно электромагнитной фракций благодаря наличию в них прозрачных темноокрашенных породообразующих минералов (амфиболов, пироксенов, гранатов и др.) или даже светлоокрашенных, как эпидот, цоизит, актинолит, диопсид, оливин. Цвет порошка минерала определяют, проводя черту на бисквите или получая порошок на стекле. Черту проводят на бисквите минеральным зерном, нажимая на зерно плоской стороной пинцета или шпателя. На бисквите остается черта, которую простой глаз не всегда хорошо различает, и для распознавания цвета необходимо наблюдать эту черту под бинокляром. Проще и быстрее порошок получать непосредственно на предметном стекле; минеральное зерно следует для этого раздавить толстой стальной иглой с тупым концом. Наблюдение в этом случае ведется также под бинокляром. Иногда минеральные зерна переносят на предметное стекло для оптических препаратов и раздавливают стеклянной палочкой.

Непрозрачные минералы дают темный порошок: черный или темноокрашенный. Прозрачные минералы дают светлый порошок: неокрашенный или слабо окрашенный.

Твердость определяют для мелких минеральных зерен (но не меньше 0,5 мм), прочерчивая зернами по стеклянной пластинке или по пластинкам минералов набора по шкале Мооса. Обычно для этой цели пользуются предметным стеклом, на которое помещают испытуемое зерно. Если минерал тверже стекла, плоской стороной пинцета или шпателя нажимают на это зерно и таким путем получают на стекле черту. Чем тверже минерал, тем тоньше и глубже получается черта. Характер черты обычно исследуют под бинокляром.

Твердость определяют также, раздавливая минеральные зерна на предметном стекле стеклянной палочкой (с плоским основанием) или плоской частью пинцета: по силе нажима, звуку растрескивания и характеру нарушения стекла. По этим признакам твердости минералы грубо разделяют на мягкие, средние и твердые. Мягкие минералы беззвучно рассыпаются при легком нажиме и без следов нарушения на стекле (твердость меньше 3). Средние минералы раздавливаются при значительном усилии нажима с глухим звуком растрескивания, но без следов нарушения на стекле (твердость 3—5). Твердые минералы раздавливаются при очень большом усилии нажима с резким звуком растрескивания и оставляют следы нарушения на стекле в виде микротрещин, наблюдаемых под бинокляром (твердость выше 6, т. е. больше, чем у стекла).

Кроме твердости минералов в свободных зернах, приходится определять также твердость минералов в цементных полированных шлифах. В этом случае пользуются тонкими иглами — стальной и медной и также различают минералы высокой, средней и низкой твердости. Минералы низкой твердости чертятся и стальной и медной иглами; минералы средней твердости чертятся только стальной иглой; минералы высокой твердости не чертятся и стальной иглой.

Под бинокляром проверяют, наконец, результаты взаимодействия минералов с химическими реактивами: растворение, получение осадков и пленочных реакций.

2. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Наряду с качественным изучением вещественного состава шлихов и рудных концентратов производится количественная оценка составляющих их минералов. При количественной оценке проб точность определений выше в случае равномернозернистого материала. Поэтому исследуемый материал предварительно разделяют по крупности на несколько классов.

Шлихи можно подразделить на две группы: шлихи, отмытые на лотке из верхних горизонтов рыхлых отложений при поисковых работах, и шлихи, полученные при разведочных или эксплуатационных работах, большей частью из промышленного пласта, в результате промывки породы на специальных промысловых установках.

На лотке обычно промывается небольшое количество породы (10—25 кг), шлик получается главным образом мелкий. Основная масса такого шлика состоит из материала, в котором преобладают зерна размером 0,1—1,0 мм. Более крупные зерна тяжелых минералов (размером 1—10 мм и больше) в таких шлихах встречаются в небольшом количестве.

На специальных установках (бутарах, вашгердах и др.) шлихи отмываются из больших количеств рыхлых отложений. Такие шлихи, наряду с мелкой тяжелой фракцией, содержат и значительное количество крупнозернистого тяжелого материала. При обработке этих шлихов оказывается необходимым выделять несколько классов по крупности материала.

Наиболее точно количество того или иного минерала в шлик или рудном концентрате определяется путем выделения его в чистом виде с помощью тяжелых жидкостей, магнитной и электромагнитной сепарации и отбора зерен под бинокляром. Однако отбор зерен применим только к крупным классам (крупнее 1 мм): в мелкозернистом материале эта операция становится весьма трудоемкой. Выделение мономинеральных фракций с помощью тяжелых жидкостей и магнитной и электромагнитной сепарации возможно лишь при благоприятном минералогиче-

ском составе шлика или рудного концентрата, что бывает редко.

При количественной оценке полиминеральных фракций (магнитной, электромагнитной и немагнитной) с размером зерен меньше 1 мм применяют один из следующих методов подсчета зерен.

а) Исследуемую фракцию рассеивают на наборе сит с определенным модулем (например $\sqrt{2}$). Чем уже классификация, т. е. чем меньше модуль и чем больше сит содержит набор, тем большей точности можно достигнуть, но тем более трудоемким оказывается анализ. Таким образом, из каждой фракции получают несколько классов различной крупности. Затем подсчитывают выход отдельных классов для каждой фракции и анализируют каждый класс в отдельности. В связи с тем, что невозможно подсчитать зерна во всей массе того или иного класса, из него берут среднюю пробу. Вес средней пробы класса определяется долями грамма (0,1—0,5 г). В такой средней пробе общее количество минеральных зерен должно быть не меньше 1000—1500 при содержании минерала в классе не ниже 10%, чтобы получить определение с точностью до десятых долей процента.

Среднюю пробу из класса выделяют следующим образом. Материал высыпают на стекло в один слой в виде дорожки шириной около 10 мм. Из этого слоя в ряде точек через равные расстояния (1—2 см) металлическим совочком с тонкими острыми краями берут небольшие порции материала, которые соединяют и перемешивают. Если полученная проба для подсчета зерен велика, ее снова таким же способом разделяют до требуемого веса. В средней пробе каждого класса под бинокляром подсчитывают общее число зерен и количество зерен полезного компонента. Полученное число зерен полезного компонента относят к общему числу зерен в средней пробе из данного класса и, таким образом, получают объемный процент полезного компонента в классе. Объемные проценты пересчитывают на весовые по общеизвестной формуле:

$$x = \frac{y \cdot d \cdot 100}{y(d - d_1) + 100d_1},$$

где x — весовой процент;

y — объемный процент;

d — удельный вес полезного компонента;

d_1 — удельный вес всей остальной массы минеральных зерен в средней пробе.

При массовых количественных анализах на один компонент предварительно строят диаграммы по вышеприведенной формуле, чтобы быстрее определить процентное содержание полезного компонента в каждом классе. Зная выход классов, можно вычислить содержание этого компонента и в отдельных фракциях, а зная вес пробы, выход фракций и содержание минерала

в каждой фракции, можно то же самое вычислить и для всей пробы.

б) При низких (меньше 1%) содержаниях полезного минерала в различных классах подсчет зерен производят непосредственно во всем классе, т. е. без выделения из него средней пробы. В этом случае материал данного класса рассыпают и разравнивают на предметном стекле в тонкий слой, а затем производят подсчет зерен по отдельным полям точечным методом. Предварительно в один из окуляров вставляют картонную или бумажную диафрагму с квадратным отверстием. Сторона квадрата должна быть равна примерно 0,6—0,7 диаметра поля зрения окуляра. Диафрагма ограничивает этим квадратом поле зрения, в котором определяют среднее количество зерен. Количество зерен подсчитывают по стороне квадрата в 7—10 местах исследуемого слоя. Средняя величина из этих подсчетов, возведенная в квадрат, даст среднее число зерен в пределах поля зрения.

После определения среднего числа зерен, видимых в поле зрения, подсчитывают количество зерен полезного минерала в нескольких полях. Полей подсчета должно быть столько, чтобы общее количество зерен полезного минерала соответствовало требуемой точности определения. Суммарное количество зерен полезного минерала относят к числу полей, для которых производились подсчеты, умноженному на среднее количество зерен в одном поле. Полученный результат умножают на 100 и таким образом вычисляют объемный процент содержания полезного минерала. По объемному проценту определяют весовой процент при посредстве диаграммы или таблицы, рассчитанных по вышеуказанной формуле.

Как и предыдущий способ подсчета, данный способ применим лишь для хорошо расклассифицированного материала и при крупности не мельче 0,15 мм. Для классов мельче 0,15 мм подсчет минеральных зерен производят в иммерсионных препаратах точечным методом, описанным Глаголевым¹.

в) При менее точном количественном анализе можно применять объемную оценку количества полезного минерала непосредственно во фракциях, без предварительного разделения их на классы. Для количественного подсчета этим способом выделяют из общей массы минеральных зерен данной фракции тонкие и короткие полоски (шириной 1 мм и длиной 5 мм). В этих полосках подсчитывают общее количество минеральных зерен и отдельно количество зерен полезного минерала. Полученное количество зерен полезного минерала относят к общему числу зерен в полоске. Таким образом определяют объемный процент минерала во фракции. Зная вес пробы, выход фракции и содержание минерала во фракции, можно быстро вычислить и приближенное содержание минерала в пробе.

¹ А. А. Глаголев. Геометрические методы количественного анализа агрегатов под микроскопом. Госгеолиздат, 1941.

г) Рассев на ситах производится до разделения на фракции. В этом случае нет надобности подвергать рассеву каждую фракцию в отдельности. Нет надобности и производить подсчет общего числа зерен. Достаточно лишь подсчитать число зерен полезного минерала в точно взвешенной навеске (т. е. в средней пробе) данного класса. Для подсчета содержания минерала в пробе число его зерен следует умножить на средний вес одного зерна данного класса. Последнюю величину можно определить либо более точно — эмпирически, путем взвешивания большого числа зерен данного класса (для определенного набора сит и определенного минерала эта величина, за редкими исключениями, будет изменяться лишь в зависимости от формы зерен в разных месторождениях), либо менее точно — исходя из среднего диаметра класса, формы куба и удельного веса минерала. Полученный вес минерала в навеске надо умножить на степень сокращения и отнести к весу пробы. Содержание минерала в пробе получится при этом путем суммирования содержаний по классам.

Для определения требуемого веса навесок по классам следует руководствоваться допустимой степенью их сокращения. Последняя величина обратно пропорциональна третьей степени наибольшего диаметра класса. Размеры навесок определяются однозначно, если самый крупный класс, содержащий полезный минерал, поступает на анализ без сокращения пробы, т. е. если исходный вес породы, от промывки которой получен шлик, обеспечивает требуемую точность и чувствительность анализа.

Для определения исходного веса породы, необходимого для обеспечения той или иной точности и чувствительности анализа при опробовании россыпей на редкие минералы, предложена формула:

$$Q = \frac{d^3 s}{\Delta^2 t},$$

где Q — исходный вес породы в кг;
 d — максимальный диаметр полезного минерала в мм;
 s — удельный вес полезного минерала;
 l — минимальное содержание полезного минерала, которое должен открывать анализ, иначе чувствительность анализа, в г/т;
 Δ — допустимое среднее квадратичное относительное отклонение определения указанного минимального содержания в долях от единицы¹.

Взятие средних проб для количественного анализа следует производить только с помощью делителей.

¹ В. А. Новиков. О необходимом весе проб при опробовании россыпей на редкие минералы. «Разведка недр», № 2—3, 1940.

3. ИММЕРСИОННЫЙ МЕТОД

Иммерсионный метод применяют в анализе шлихов как главный метод диагностики прозрачных минералов, не определимых под бинокляром по внешнему виду.

Иммерсионным методом устанавливают следующие оптические константы: осьность, знак, показатели преломления, двупреломление, удлинение.

Иммерсионный препарат готовят следующим способом. Отобранное под бинокляром зерно, размером не меньше 0,3 мм, помещают на предметное стекло в каплю чистой воды и раздавливают, нажимая плоским основанием стеклянной палочки. Толщина препарата должна соответствовать приблизительно толщине петрографического шлифа. Раздавленный материал равномерно размешивают в капле воды палочкой и осторожно просушивают на пламени спиртовки, причем осколки зерна приклеиваются к стеклу солями, содержащимися в воде. После просушивания препарат охлаждают и накрывают покровным стеклом размером 5 × 5 мм. Под покровное стекло осторожно подводят иммерсионную жидкость с соответствующим показателем преломления при помощи пробочки, закрывающей флакончик с жидкостью. Пробочкой с каплей жидкости прикасаются к контакту покровного стекла с предметным стеклом. Во избежание засорения жидкости необходимо следить за чистотой краев покровного и предметного стекол.

Закрепление зерна позволяет вести все исследования с одним препаратом, меняя в нем жидкости. Смену жидкости производят следующим образом. К краю покровного стекла осторожно прикладывают полоску фильтровальной бумаги и одновременно слегка нажимают на покровное стекло иглой: бумажка соприкасается с жидкостью и вытягивает ее из-под покровного стекла. После удаления жидкости препарат снова наполняют жидкостью с другим показателем преломления.

Обычно наборы иммерсионных жидкостей позволяют определять показатели преломления не выше 1,786. Минералы с показателями преломления больше 1,786 определяются с помощью иммерсионных сплавов пиперина с иодидами или селена с серой. Препараты со сплавами готовят следующим образом. Берут небольшое количество сплава, смешивают с тонкоизмельченным порошком испытуемого вещества и подогревают на предметном стекле до полного размягчения сплава, избегая его перегрева. Весь препарат затем накрывают покровным стеклом. Последнее осторожно придавливают стеклянной палочкой, чтобы сплав расплющить в тонкий слой (до сотых долей миллиметра).

Точность определения показателей преломления иммерсионным методом без применения монохроматического света не превышает 0,002—0,003 и зависит от диапазона между жидкостями в наборе. Показатели преломления минералов определяются

путем сравнения с показателем преломления жидкости по полоске Бекке, которая наблюдается на границе минерала и жидкости. Для наблюдения полоски Бекке препарат помещают таким образом, чтобы линия раздела исследуемого зерна и жидкости приходилась вблизи центра поля зрения. Точно сфокусировав при выдвинутом анализаторе микроскоп, затем слегка нарушают фокусировку, медленно передвигая тубус вверх и вниз в таких пределах, чтобы исследуемое зерно оставалось заметным. При этом на границе минерала и жидкости устанавливается тонкая светлая полоска (полоска Бекке), которая при поднятии тубуса микроскопа перемещается в сторону минерала, если у него показатель преломления больше, чем у жидкости, и в сторону жидкости, если показатель преломления у минерала меньше.

Наряду с полоской Бекке, показатели преломления жидкости и минерала сравниваются также по дисперсионному эффекту, особенно в случае малого различия показателей. Дисперсионный эффект заключается в том, что у линии раздела среда с меньшим показателем преломления кажется слегка окрашенной в золотисто-желтый цвет, а среда с большим показателем преломления — в бледный синевато-зеленый цвет. Наблюдения производят при среднем или сильном увеличении с слегка закрытой диафрагмой.

С помощью иммерсионного метода определяют главные показатели преломления: для одноосного минерала — N_g , N_m или N_p , N_m , а для двуосного минерала — N_g , N_m , N_p в главных сечениях минерала. При этом применяют два способа определения: статистический и в ориентированных сечениях (разрезах). В первом случае производят ряд замеров на нескольких зернах минерала и из полученных замеров выбирают наибольшее и наименьшее значения, которые и принимают за показатели преломления минерала, причем оптическая ориентировка зерен не учитывается. Во втором случае для нахождения главных сечений в минеральных зернах иммерсионного препарата пользуются коноскопическими фигурами, наблюдаемыми в сходящемся свете.

В случае одноосного минерала, как оптически положительного, так и оптически отрицательного, средний показатель преломления N_m определяется в любом сечении в одном из положений угасания. Показатели преломления N_g (у положительных) и N_p (у отрицательных) определяются лишь в разрезах, параллельных оптической оси.

Изотропное сечение одноосного кристалла, перпендикулярное оптической оси, дает в сходящемся свете фигуру темного креста, который остается неподвижным при повороте столика микроскопа. В этом сечении определяются оптический знак минерала и его показатель преломления N_m . На разрезе, параллельном оптической оси, одновременно определяются оба показателя преломления одноосного минерала: N_g и N_m для положительного

или Np и Nm для отрицательного. Эти разрезы, параллельные оптической оси, характеризуются наивысшей интерференционной окраской и также дают в сходящемся свете при определенном положении столика микроскопа фигуру темного креста, который распадается при повороте столика на две быстро выходящие из поля зрения гиперболы или на два гиперболовидных пятна.

Для определения в этом сечении обоих показателей преломления зерно минерала устанавливают в положение угасания. При одном угасании с направлением колебаний поляризатора совмещается ось Nm , при другом погасании — Ng или Np , в зависимости от того, является ли минерал оптически положительным или оптически отрицательным. Определение показателя преломления Nm можно проверить на любом сечении, но обязательно ставить зерно минерала на угасание, т. е. ориентировать ось Nm по направлению колебаний поляризатора. Таким образом, определение показателя преломления Nm в одноосном минерале не представляет затруднений.

В двуосном минерале имеется три главных сечения: первое — перпендикулярное острой биссектрисе, второе — тупой биссектрисе и третье — оптической нормали или параллельное плоскости оптических осей. В первом и втором сечениях определяют средний показатель преломления Nm и один из двух других — Ng или Np , а в третьем сечении определяют Ng и Np . Имеется еще изотропное сечение, перпендикулярное оптической оси, в плоскости которого определяется только Nm . У оптически положительных минералов в разрезе, перпендикулярном острой биссектрисе, определяют Nm и Np , у отрицательных — Nm и Ng .

Сечение, перпендикулярное острой биссектрисе, в сходящемся свете дает темный четкий крест, который распадается при повороте столика микроскопа на две гиперболы, выходящие при большом $2V$ из поля зрения. При малом $2V$ крест также распадается на две гиперболы, но они лишь слегка расходятся и затем опять сходятся.

Сечение, перпендикулярное тупой биссектрисе, дает темный расплывчатый крест, который распадается при повороте столика микроскопа на две гиперболы, исчезающие из поля зрения.

Для определения в двуосном минерале главных показателей преломления Ng , Nm и Np лучше пользоваться сечением, параллельным плоскости оптических осей, в зернах с яркими цветами интерференции и изотропным сечением, так как эти сечения дают в сходящемся свете более ясные и определенные фигуры. В первом случае получаем фигуру широкого расплывчатого креста, при повороте столика распадающегося на две гиперболы. В случае изотропного сечения наблюдается четко одна изогира.

При отсутствии в минеральных зернах главных сечений определяются промежуточные показатели преломления Ng' и Np' .

Необходимо учитывать, что при определении минералов иммерсионным методом количество сечений ограничено. Характер

сечений, получаемых при дроблении минеральных зерен, находится в прямой зависимости от спайности минералов. При наличии у минерала хорошо выраженной спайности осколки большей частью ориентированы по спайности. Направление же спайности имеет строго определенную оптическую ориентировку, которую при определении минералов в иммерсионных препаратах необходимо знать и учитывать.

4. МЕТОДЫ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ЦЕМЕНТНЫХ ШЛИФАХ В ПРОХОДЯЩЕМ И ОТРАЖЕННОМ СВЕТЕ

Исследование в иммерсионных жидкостях обычно не дает полной оптической характеристики минералов. Во-первых, в жидкостях исследуются только прозрачные минералы. Во-вторых, у минералов с очень резко выраженной спайностью (как слюда, амфиболы) в иммерсионных препаратах осколки могут быть ориентированы лишь по спайности и других сечений невозможно получить. В связи с этим, при анализе шлифов или концентратов измельченных руд часто необходимо прибегать к микроскопическому исследованию цементных шлифов в проходящем и отраженном свете.

Прозрачный цементный шлиф имеет некоторое сходство с петрографическим шлифом, так как при его изготовлении минералы шлифуются в различных сечениях, имеющих различную оптическую ориентировку. Поэтому для минералов, обладающих спайностью, можно наблюдать сечения, не только ориентированные по спайности, но и наклонные и перпендикулярные спайности. В последнем случае улавливаются следы спайности, относительно которых можно определять угол угасания. В случае наличия в минерале пересекающейся спайности устанавливается угол между плоскостями спайности. В иммерсионных препаратах последняя константа не определяется или с трудом улавливается по направлениям сколов.

Следует также отметить, что в иммерсионных препаратах обычно определяют отдельные минералы для подтверждения определений, полученных под бинокляром. Прозрачные цементные шлифы используют не только для определения минералов, но и для установления количественных соотношений минералов во фракции или в пробе. Кроме того, в прозрачных цементных шлифах определяют, находятся ли минералы в свободном состоянии или в сростках, а также являются ли они чистыми или несут тонкие включения других минералов, незаметных под бинокляром. Это особенно ценно при исследовании легкой и частично тяжелой неэлектромагнитной фракций, в которых преобладают бесцветные минералы.

В полированных цементных шлифах исследуют главным образом рудные непрозрачные и частично рудные прозрачные ми-

нералы с очень высокими показателями преломления, причем исследование ведется таким же образом, как в полированных шлифах, изготовленных из штучных образцов. В данном случае минералы определяют по цвету, отражательной способности, отношению к поляризованному свету (изотропный, анизотропный), к реактивам (к травлению). Травление возможно производить для зерен не меньше 0,05 мм, в противном случае захватывается цемент, который мешает реакции. В полированных цементных шлифах, так же как и в прозрачных, устанавливают количественное соотношение минералов во фракции или в пробе и состояние минерала: свободное, в сростках или с включениями. Исследование в отраженном свете особенно полезно для определения сульфидов и черных непрозрачных минералов: магнетита, гематита, лимонита, окислов марганца, вольфрамита, танталита и самородных металлов, которые под бинокуляром не всегда легко определяются.

Для изготовления прозрачных и полированных цементных шлифов из сыпучего материала служат зубной цемент, шеллак, бакелит и пластмасса. Зубной цемент, являясь двупреломляющей средой, имеет высокий показатель преломления. В этом случае высокопреломляющие и двупреломляющие минералы в очень тонких зернах трудно отличимы от зубного цемента и лучше применять изотропное вещество — шеллак или бакелит. Для полированных шлифов зубной цемент иногда также является неблагоприятной средой вследствие его зернистого строения и отражательной способности, равной отражательной способности нерудных минералов. Особенно неудобно им пользоваться при оценке количественного соотношения рудных и нерудных минералов. Нерудный минерал трудно отличить от зернистого зубного цемента. В этом случае следует употреблять аморфную однородную массу — шеллак или пластмассу.

5. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Наряду с оптическими методами в минералогическом анализе широко применяются химические методы. В большинстве случаев химические испытания производятся на отдельных минеральных зернах, реже химическими методами исследуется общая масса фракции или пробы. Установление качественного химического состава минерала способствует его определению.

Можно различать химические методы с полным разложением минерала и пленочные реакции, при которых на поверхности минерала образуется характерная пленка, способствующая его определению.

Методы с полным разложением минерала разделяются на мокрые и сухие. Принцип анализа мокрым путем состоит в том, что минерал растворяют в кислоте или в щелочи и к раствору минерала прибавляют растворы известных веществ для получе-

ния реакции на исследуемые элементы. О присутствующих в минерале химических элементах судят по характеру растворения, окраске раствора, выпадению осадка, выделению газовых пузырьков. В случае нерастворимых минералов их сплавляют с плавнями, например с содой, кислым серноокислым калием или щелочами, а полученные сплавы растворяют в воде или кислотах и открывают те или иные химические элементы в полученных растворах.

Преимущество мокрых реакций заключается в том, что они выполняются на предметном или часовом стекле с очень малым количеством вещества, выражаемым в тысячных долях грамма.

В группу сухих реакций входят методы определения минералов с паяльной трубкой: окрашивание пламени, получение окрашенных перлов на платиновой проволочке, налетов и металлических корольков на угле и возгонов на стеклянной трубке. В общем, эти методы менее однозначны и чувствительны и требуют значительно большего количества вещества.

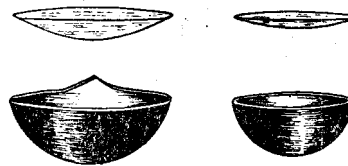


Рис. 8. Часовые стекла и фарфоровые чашки



Рис. 9. Платиновая проволока



Рис. 10. Платиновая ложечка

Различные способы мокрых реакций зависят от того, какие элементы определяются, в каком количестве имеется испытуемое вещество и при каких условиях происходит наблюдение — простым глазом, под бинокуляром или под микроскопом. Чаще применяют простейшие качественные химические реакции, во время которых простым глазом или под бинокуляром наблюдают характер растворения минералов и образование характерных окрашенных растворов и осадков. Значительно реже приходится прибегать к более сложным микрокристаллоскопическим реакциям с получением осадков солей в хорошо образованных кристаллах. При помощи этих реакций определяют под микроскопом: цвет и оптические константы — изотропность или анизотропность, плеохроизм, угасание, показатели преломления, двупреломление и оптический знак, а также размер и форму кристаллов и характер двойников.

Растворение минералов или их сплавов производят в часовых стеклах или в фарфоровых чашечках (рис. 8).

Сплавление не растворимых в кислотах минералов производят на платиновой проволочке, ложечке или в маленьких платиновых чашечках (диаметром около 10 мм) перед пламенем спиртовки при помощи паяльной трубки (рис. 9 и 10).

Чтобы наблюдать характер растворения минералов, чаще применяют концентрированные минеральные кислоты (соляную и азотную), в которых быстрее происходит растворение или разложение минералов (в некоторых случаях трудно уловимое даже под биноклем)¹. Растворение минералов может происходить спокойно или с выделением газовых пузырьков, т. е. может быть медленным или бурным с шипением или вскипанием. С выделением газовых пузырьков растворяются карбонаты. С шипением растворяются в соляной кислоте кальцит и базобисмутит, мелкие зерна которых при этом быстро двигаются в капле реактива.

При растворении минералов наблюдают также характер окраски раствора. Растворы различают бесцветные и окрашенные. Окрашенные растворы получаются при растворении минералов, содержащих красящие элементы (железо, марганец, медь, хром, никель, кобальт, ванадий). Кроме того, иногда при растворении минералов выпадают осадки. В этом отношении примером могут служить свинцовые минералы (вульфенит, ванадинит, пироморфит) и медный минерал куприт.

Обычно осадки выпадают при взаимодействии кислотных растворов вещества минералов с растворами минеральных солей или при непосредственном прибавлении к первым кристалликов солей. Осадки различают кристаллические и аморфные. Преобладают первые. Кроме того, осадки различают по цвету: белые и окрашенные. Окрашенные осадки и растворы наблюдают при растворении минералов, содержащих красящие элементы. Характер осадков лучше наблюдать под биноклем.

Кристаллы солей, которые образуются при микрокристаллоскопических реакциях, нужно наблюдать под микроскопом, на предметных стеклах, что требует большей затраты времени. Эти реакции применяются значительно реже.

Во многих случаях раствор, полученный после растворения минерала или его сплава, требуется отфильтровать по способу Геммеса, который заключается в следующем: на часовое стекло, выше уровня жидкости, помещают вчетверо сложенный кусочек фильтровальной бумаги, один конец которой погружают в раствор, и бумага начинает всасывать раствор; устанавливая вертикально к бумаге и плотно прижимают к ней капиллярную трубочку или пипетку, в которую затягивают раствор осторожным вытягиванием из трубочки воздуха при помощи губ. Каплю чистого раствора капилляром переносят на чистое предметное стекло, и к ней прибавляют требуемый реактив для получения кристаллов солей.

Особо следует остановиться на методике получения пленочных реакций на минеральных зернах. Пленочные реакции применяют как для определения отдельных минеральных зерен, так и

¹ Для растворения некоторых минералов, в частности карбонатов, а также сплавов с содой следует применять разведенные кислоты.

для количественной оценки содержания тех или иных минералов в шлихах и рудных концентратах. Различные виды пленочных реакций зависят от характера определяемого минерала и употребляемых при этом реактивов. Наиболее часто применяются следующие пленочные реакции: а) реакции восстановления при помощи цинковой пластинки или цинковой пыли; б) реакции, при которых на зернах образуются окрашенные пленки.

а) При помощи цинковой пластинки получают металлические пленки на зернах касситерита и ряда свинцовых минералов из зоны окисления: на зернах касситерита при этом образуется оловянная пленка; на свинцовых минералах, как церуссит, вульфенит, ванадинит и пироморфит, — пленка металлического свинца. Ход этих реакций следующий. На цинковую пластинку помещают каплю концентрированной соляной кислоты и в эту каплю погружают испытуемое минеральное зерно. Цинк растворяется в соляной кислоте с выделением водорода и образованием раствора хлористого цинка. Освобождающийся водород действует восстанавливающим образом на касситерит и указанные выше минералы свинца, на которых появляется соответствующая металлическая пленка.

При количественной оценке пробы на пластинку высыпают общую массу зерен и заливают соляной кислотой. Покрывшиеся пленкой зерна подсчитывают или отбирают под биноклем. В первом случае получают содержание полезного минерала в объемных процентах, а во втором, после взвешивания отобранного материала — в весовых процентах. Выделение зерен полезного минерала обычно производят для классов крупнее 0,5 мм, а подсчет — для классов мельче 0,5 мм.

б) Характерные окрашенные пленки получают на минеральных зернах при обработке их кислотами, щелочами и растворами различных солей.

В результате действия соляной кислоты при комнатной температуре на минералах свинца (вульфените, пироморфите, чиллагите и др.) образуется белая пленка хлористого свинца. Этой реакцией пользуются как при определении отдельных зерен, помещая их на предметном стекле в каплю соляной кислоты, так и при количественной оценке шлиха или рудного концентрата, помещая пробу на часовом стекле и заливая кислотой.

На антимоните в КОН появляется на холоду характерная оранжевая пленка.

При погружении минерала свинца (англезита, церуссита, вульфенита, ванадинита, пироморфита, крокоита и др.) в водный раствор иодистого калия (5%), на нем получается окрашенная пленка. При этом реакция англезита с раствором иодистого калия происходит на холоду с образованием золотисто-желтой пленки двуиодистого свинца. Церуссит, вульфенит, ванадинит и пироморфит подвергают предварительной обработке на холоду серной кислотой (1:1), чтобы получить на них пленку сульфата

свинца: в водном растворе иодистого калия последняя, как и англезит, образует золотисто-желтую пленку двуиодистого свинца. Крокоит является еще более устойчивым минералом; чтобы получить на нем пленку сульфата свинца, его несколько минут кипятят в разведенной серной кислоте (1:10), а затем уже на него действуют раствором иодистого калия.

Для получения подобных же пленок на сульфидах свинца берут насыщенный раствор иода в 5%-ном растворе иодистого калия: при кипячении в этом растворе галенита, буланжерита, а также и металлического свинца на них образуется желтовато-зеленая пленка.

При обработке на холоду раствором иодистого калия (5%) в серной кислоте (1:10) минералы висмута (базобисмутит, бисмит, бисмутит и др.) окрашиваются в черно-бурый цвет с образованием пленки иодистого висмута; последняя обесцвечивается при действии аммиака. Хинин (или цинхонин) образует на базобисмутите пленку оранжевого цвета.

На шеелите при кипячении его в концентрированной соляной кислоте с металлическим оловом получается синяя пленка.

Минералы молибдена (вульфенит, чиллагит, молибдит и др.) при кипячении в соляной кислоте с оловом образуют зеленовато-синюю пленку, но большая растворимость делает эту пленку неустойчивой и она быстро исчезает. При кипячении в насыщенном растворе фенилгидразина в разведенной серной кислоте (1:10) вульфенит получает синевато-серую окраску. Повеллит и молибдит, находясь в этом реактиве на холоду в течение 5—10 мин., приобретают чистую синюю окраску.

Минералы ванадия (ванадинит, деклуазит и др.) в солянокислом растворе солянокислого анилина образуют черную пленку.

При кипячении танталита и колумбита в фарфоровом тигле с крепкой серной кислотой до появления белых паров, на поверхности этих минералов получается сетчатая пленка Ta_2O_5 и Nb_2O_5 белесого или желтовато-белого цвета. Образование сетчатой пленки происходит в этом случае по двум системам трещин спайности, пересекающимся под прямым углом. Ильменит при таких же условиях приобретает тонко-шероховатую поверхность равномерно серой с фиолетовым оттенком окраски.

На зернах вольфрамит и молибденита при обработке их смесью хлористого кальция и хлористого натрия могут быть получены соответственно пленки $CaWO_4$ и $CaMoO_4$. Эту смесь расплавляют в фарфоровом тигле на пламени газовой горелки, и помещают в нее испытуемые зерна вольфрамит или молибденита на 5—10 мин. Прекратив нагревание, сплав выщелачивают водой для удаления хлористых соединений. Полученная на вольфрамите пленка $CaWO_4$ в катодных лучах дает яркое голубое свечение, пленка же $CaMoO_4$, полученная на молибдените, в катодных лучах дает желтоватое или зеленовато-желтое свечение.

Кроме химических испытаний на свободных минеральных зернах производят поверочные реакции в полированных цементных шлифах. При этом выявляется характер травления минеральных зерен общепринятыми в минераграфических исследованиях реактивами. Нередко производят также микрохимические реакции непосредственно на шлифе.

Ниже приводится описание микрохимических реакций, главным образом для металлов и значительно меньше для металлоидов.

Элементы, для которых приводятся реакции, расположены в алфавитном порядке.

Алюминий

Алюминий принадлежит к числу широко распространенных элементов. Обычно он встречается в форме силикатов, которые не растворимы в кислотах и щелочах. К нерастворимым силикатам относятся полевые шпаты, слюды, пироксены, роговые обманки, топаз, гранаты и водные алюмосиликаты. Нерастворимы и собственно алюминиевые минералы — шпинели и корунд. К легко растворимым минералам алюминия относится алунит. Чистые соединения алюминия (без марганца и железа) бесцветны или имеют белый цвет. Наиболее употребительная реакция на алюминий производится сухим путем.

а) **Сухая реакция.** При нагревании порошка алюминийсодержащего минерала с содой на угле или платиновой проволоке образуется белая неплавкая окись алюминия, которая, при смачивании раствором азотнокислого кобальта, переходит в синюю неплавкую массу (тенарова синь).

б) **Осаждение аммиаком.** В растворимое состояние алюминийсодержащие минералы обычно переводятся путем сплавления с кислым сернокислым калием. Полученный сплав содержит алюминий в виде сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$, растворимого в воде. Поэтому, обработав сплав водой и прибавив аммиака, получают белый, слегка сероватый аморфный осадок гидрооксида алюминия $Al(OH)_3$, растворимый в соляной кислоте.

в) **Получение кристаллов $(NH_4)_3AlF_6$.** Фтористый аммоний, прибавленный к капле раствора солей алюминия, осаждает мельчайшие бесцветные прозрачные хорошо образованные октаэдры, наблюдаемые под микроскопом (рис. 11).

Барий

Важнейшим бариевым минералом является барит $BaSO_4$, который в кислотах и щелочах не растворим. В растворимое состояние барий переводят путем сплавления с содой, выщелачи-

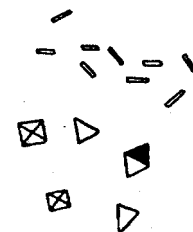


Рис. 11. Кристаллы $(NH_4)_3AlF_6$. $\times 130$

вания сплава в воде для удаления ионов SO_4^{--} и растворения остатка в соляной кислоте.

а) **Осаждение BaSO_4 .** Из растворов барий легко осаждается серной кислотой. К капле раствора бария прибавляют каплю серной кислоты и получают обильный тонкокристаллический осадок сернокислого бария, не растворимый в кислотах (рис. 12).

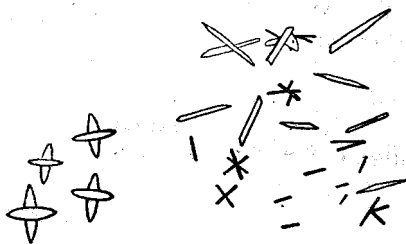


Рис. 12. Кристаллы BaSO_4 $\times 300$

б) **Окрашивание пламени.** Солянокислый раствор бария при прокаливании на платиновой проволочке окрашивает пламя в желто-зеленый цвет.

в) **Получение кристаллов BaSiF_6 .** Этой реакцией можно пользоваться в присутствии стронция и кальция. К слабо кислому раствору бариевого

Рис. 13. Кристаллы BaSiF_6 $\times 60$

минерала прибавляют кремнефтористоводородного аммония. При этом образуются кристаллы кремнефтористоводородного бария, представляющие собой хорошо образованные палочки (рис. 13), частично скошенные на конце, с прямым угасанием и слабым двупреломлением. Реакцию следует вести со слабо нагретым раствором.

Бериллий

а) **Осаждение углекислым аммонием.** Из бериллийсодержащих минералов наиболее важным является берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$, не растворимый в кислотах. Силикаты бериллия предварительно сплавляют с содой и обрабатывают соляной кислотой. Из растворов бериллий осаждается углекислым аммонием; выпадает белый осадок, легко растворяющийся в избытке реактива (в отличие от глинозема).

б) **Реакция с хинализином.** Осадок гидрата окиси бериллия, полученный осаждением аммиаком, обрабатывают теплым раствором NaOH . К фильтрату прибавляют несколько капель щелочного раствора хинализина. Даже при небольшом количестве бериллия фиолетовая окраска хинализина переходит в васильково-синюю. Реакция очень чувствительная и характерная, но лишь при отсутствии магния, циркония, тория, неодима, празеодима, церия и лантана. Аллюминий не мешает.

в) **Сухая реакция.** Минералы бериллия, смоченные раствором азотнокислого кобальта, при прокаливании на угле или на платиновой проволочке с содой дают серую массу.

Ванадий

Из ванадиевых минералов наиболее часто встречается ванадинит $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, хорошо растворимый в соляной кислоте с окрашиванием раствора в красновато-бурый цвет.

а) **Получение надванадиевой кислоты.** Прибавляя к солянокислому раствору перекись водорода, получают надванадиевую кислоту HVO_4 , которая окрашивает раствор в розоватый цвет (цвет портвейна). При выпаривании солянокислого раствора ванадиевого минерала образуется сухой остаток зеленого цвета. Ванадинит также хорошо растворим в азотной кислоте. Многие другие ванадиевые соединения тоже растворимы в кислотах, но их раствор имеет желтый цвет. Сернистые соединения ванадия растворимы в $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Нерастворимые соединения ванадия лучше сплавляются с перекисью натрия.

б) **Сплавление с пиросульфатом калия.** При сплавлении соединений ванадия с пиросульфатом калия получают желто-красный сплав, растворимый в воде, с окрашиванием раствора в зеленоватый цвет, переходящий после прибавления карбоната натрия в более интенсивный зеленый.

в) **Образование кристаллов ванадиевокислого аммония NH_4VO_3 .** Минералы сплавляют с перекисью натрия Na_2O_2 на платиновой проволочке, а затем сплав выщелачивают водой на часовом стекле и отфильтровывают по методу Геммеса. К раствору прибавляют твердый NH_4Cl , после чего выпадают кристаллы метаванадата аммония в виде чечевицы с сильным двупреломлением и косым угасанием (рис. 14).

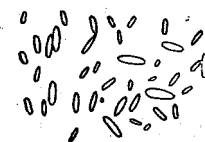


Рис. 14. Кристаллы NH_4VO_3 $\times 130$

Висмут

Висмут встречается большей частью в виде висмутового блеска, самородного висмута и базобисмутита, растворимых в кислотах. Особенно бурно растворяются (со вскипанием) самородный висмут и базобисмутит в азотной кислоте. Растворы висмутовых соединений бесцветны.

а) **Получение хлорокиси висмута.** Прибавляя воду к солянокислому раствору висмутовых соединений, получают белый осадок хлорокиси висмута, растворимой в разбавленной соляной кислоте.

б) **Реакция с иодистым калием.** Иодистый калий окрашивает солянокислый раствор висмутового минерала в желтый или оранжевый цвет вследствие образования иодистого соединения висмута KBiI_4 ¹.

¹ Сначала образуется черный осадок BiI_3 , растворяющийся в избытке реактива.

в) **Налет на угле.** Смесь исследуемого порошка сплавляют с серой и иодистым калием в окислительном пламени. Вблизи от пробы образуется желтый налет окиси висмута и на некотором расстоянии — яркокрасный налет BiJ_3 . Пары аммиака переводят яркокрасную кайму налета висмута в оранжевую, а после некоторого стояния — в вишнево-красную.

г) **Королек на угле.** Смесь минерала с двойным объемом соды при нагревании в восстановительном пламени дает хрупкий металлический королек висмута и желтый налет Bi_2O_3 . В отличие от свинцового королька, у висмутового королька отсутствует ковкость и наблюдается розоватый оттенок в свежем изломе.

д) **Получение кристаллов $\text{Cs}_2\text{BiJ}_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$.** На предметном стекле к капле солянокислого раствора висмутового минерала прибавляют кристаллики иодистого калия и хлористого цезия. Выпадают красные кристаллы $\text{Cs}_2\text{BiJ}_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ гексагональной сингонии, чаще представленные равносторонними или слегка удлиненными шестиугольными пластинками, изотропными при скрещенных николях (рис. 15). Если пластинки ложатся наклонно или на ребро, то они ярко поляризуют. Реакция производится исключительно в солянокислой среде. В случае азотнокислого раствора висмутового минерала раствор выпаривают досуха и к сухому остатку прибавляют каплю

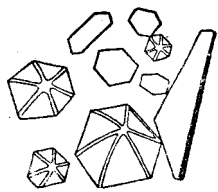


Рис. 15. Кристаллы $\text{Cs}_2\text{BiJ}_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$.
× 130

соляной кислоты, а также вводят в сухом виде хлористый цезий и иодистый калий.

е) **Получение кристаллов $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$.** Эта реакция удаётся с сильно концентрированной каплей испытуемого раствора, содержащего не меньше 0,2% азотнокислого висмута. К азотнокислому раствору висмутового минерала на предметном стекле прибавляют каплю крепкой H_2SO_4 , после чего раствор выпаривают почти досуха.

Остаток растворяют в капле H_2O , и на этом же стекле рядом с раствором помещают каплю K_2SO_4 . Каплю висмутсодержащего раствора соединяют с каплей K_2SO_4 платиновой проволокой. В месте соединения появляются кристаллы в виде изотропных шестиугольных пластинок. Иногда эти пластинки имеют темные полоски соединения двух вершин противоположных углов.

Вольфрам

Вольфрамовые соединения в природе представлены главным образом минералами шеелитовой и вольфрамитовой групп. Минералы первой группы значительно легче растворимы в кислотах, чем минералы второй. При разложении вольфрамовых соединений соляной кислотой получается осадок желтого цвета, что указывает на присутствие H_2WO_4 . Вольфрамовая кислота H_2WO_4 очень хорошо растворима в едких щелочах, аммиаке и Na_2CO_3 .

а) **Реакция с металлическим оловом.** Эта реакция очень чувствительная: для нее достаточно одного небольшого зерна. При проверке минералов на вольфрам пользуются главным образом этой реакцией. Ход реакции несколько различен в случае растворимых (шеелит) и нерастворимых (вольфрамит, гюбнерит) в кислотах вольфрамосодержащих минералов.

В первом случае получают пленочную реакцию. В фарфоровой чашечке или тигельке помещают каплю крепкой HCl , зерно шеелита и зерно металлического олова и нагревают на пламени спиртовки. При этом зерно шеелита покрывается темносиней пленкой, а по краям раствора также появляется синяя каемка. Посинение происходит вследствие образования W_2O_5 .

Во втором случае нерастворимые в соляной кислоте вольфрамовые минералы (вольфрамит, гюбнерит и ферберит) предварительно сплавляют с содой, чтобы получить Na_2WO_4 . Этот сплав при растворении в соляной кислоте дает осадок желтой вольфрамовой кислоты, которая при кипячении с металлическим оловом переходит в соединения пентавалентного вольфрама в виде синих хлопьев. Следует иметь в виду, что при этой реакции синяя окраска с зеленым оттенком может появиться и в присутствии ванадия и молибдена.

б) **Восстановление вольфрама на алюминиевой пластинке.** На алюминиевой пластинке помещают тонкоизмельченный порошок вольфрамового минерала и заливают соляной кислотой. В присутствии вольфрама после некоторого стояния появляется голубая окраска.

в) **Получение кристаллов Ti_2WO_4 .** Минерал, содержащий вольфрам, при сплавлении с содой переходит в соединение Na_2WO_4 . К нагретому слабо щелочному раствору Na_2WO_4 прибавляют кристаллик TiNO_3 , и слегка концентрируют раствор подогреванием. После этого медленно вырастают просвечивающие бесцветные шестисторонние пластинчатые кристаллики Ti_2WO_4 , реже появляются шестилучевые звезды, лучи которых направлены друг к другу под углами 60 и 120°. Подобные соединения получают с молибденом (см. Молибден).

Железо

Важнейшими из минералов железа являются его окислы и сернистые соединения: гематит, магнетит, гидроокислы железа, пирит и пирротин. Наряду с этим железо имеет широкое развитие в виде ильменита и хромита и в виде силикатов: пироксенов, амфиболов, гранатов и др. Карбонатные и фосфатные соединения железа наблюдаются значительно реже и представлены сидеритом и вивианитом. Все упомянутые соединения железа, за исключением ильменита и силикатов, растворимы в кислотах.

Железо образует соединения двойного рода: закисные — соединения двухвалентного железа и окисные соединения трехва-

лентного. Те и другие относятся совершенно различно к ряду реактивов. Разбавленные растворы двухвалентного (закисного) железа бесцветны, концентрированные — окрашены в зеленоватый цвет, как, например, растворы сидерита и сернистого железа (пирротина). Растворы трехвалентного (окисного) железа имеют желтовато-бурый цвет.

а) **Осаждение аммиаком.** Из нейтральных растворов солей закисного железа аммиак осаждает зеленовато-белый гидрат закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$, но не полностью, так как $\text{Fe}(\text{OH})_2$ растворим в аммонийных солях. Из растворов солей окисного железа аммиак полностью осаждает бурый студенистый гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

б) **Реакции с роданистым калием KCNS и роданистым аммонием NH_4CNS .** С соединениями закисного железа эти реактивы не реагируют, растворы же соединений окисного железа окрашивают их в кроваво-красный цвет.

в) **Реакции с железистосинеродистым калием $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.** Из нейтральных или кислых растворов соединений окисного железа осаждается берлинская лазурь интенсивного синего цвета. С соединениями же закисного железа обычно образуется осадок железистосинеродистого железа, который вследствие его частичного окисления бывает окрашен в светлоголубой цвет.

г) **Реакция с железосинеродистым калием $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.** С соединениями закисного железа образуется осадок темносинего цвета, называемый турбулева синь. Этот осадок не растворим в кислотах, но разлагается едкими щелочами. В ходе последней реакции образуется смесь гидратов закиси и окиси железа. В отличие от закисного железа, окисное железо с железосинеродистым калием не образует синего осадка, но образует темнокоричневый раствор.

Золото

В природе встречается главным образом самородное золото, реже наблюдается теллуристое золото. Золото бывает также связано с сульфидами железа, свинца и цинка в твердом растворе. Растворяется золото в царской водке; растворение происходит с образованием золотохлористоводородной кислоты HAuCl_4 , при выпаривании которой получают красные кристаллы.

а) **Получение кассиева пурпура.** Раствор золота в царской водке осторожно выпаривают досуха. Сухой остаток растворяют в небольшом количестве воды, и прибавляют каплю хлористого олова SnCl_2 , которое вызывает окрашивание раствора в пурпурно-красный цвет вследствие выделения коллоидального золота. При значительном количестве золота получается пурпурно-красный осадок (кассиев золотой пурпур), представляющий собой адсорбционную смесь коллоидального золота и гидрата окиси олова. Коагулированный золотой пурпур растворяется

в аммиаке и в очень разбавленном растворе KOH с окрашиванием раствора в красный цвет.

б) **Сухая реакция.** Все соединения золота дают при сплавлении с содой на угле в восстановительном пламени металлический желтый королек, обладающий ковкостью и не растворимый в кислотах, но растворимый в царской водке.

в) **Получение кристаллов $\text{TAuCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.** Раствор золота в царской водке выпаривают, и сухой остаток растворяют в воде. Получается нейтральный раствор, к которому прибавляют кристаллик азотнокислого таллия TlNO_3 : из раствора вырастает бахрома лимонно-желтых игл $\text{TAuCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Длина игл может быть более 100 микронов. Они имеют высокое двупреломление, положительное удлинение и угол угасания 28° . Следует указать, что в растворах хлорной ртути при прибавлении азотнокислого таллия появляются бесцветные иглы такой же формы и величины.

г) **Получение кристаллов $\text{ZnAu}(\text{CNS})_5$.** Роданистый аммоний образует в нейтральном растворе золота красный осадок, легко вырастающий в пушистые, очень характерные розетки. Если роданистого аммония было взято не очень много и если к осадку прибавить уксуснокислого цинка, осадок можно полностью растворить без нагревания. При стоянии из раствора выделяется $\text{ZnAu}(\text{CNS})_5$ в виде мелких удлиненных кристалликов ромбической сингонии яркожелтого цвета. Одиночные кристаллики наблюдаются редко, чаще представлены их группы. При избытке раствора NH_4CNS двойная соль $\text{ZnAu}(\text{CNS})_5$ не выкристаллизовывается.

Калий

а) **Окрашивание пламени.** От солей калия пламя окрашивается в фиолетовый цвет. Окраска пламени часто маскируется натрием, поэтому необходимо пользоваться синим кобальтовым стеклом, поглощающим желтый цвет.

б) **Получение кристаллов K_2PtCl_6 .** К исследуемой капле нейтрального или слабо подкисленного соляной кислотой раствора при нагревании прибавляют стеклянной палочкой каплю 10%-ного раствора хлорной платины. Желателен избыток реактива. Если раствор не был слишком концентрирован, выпадают лимонно-желтые октаэдры неправильной формы (рис. 16). Если же раствор был очень концентрирован или содержал много кислоты, выпадают дендриты или появляется светложелтый мелкокристаллический осадок.

Кристаллы хлороплатината калия обладают блеском и сильно преломляют свет; в отраженном свете они кажутся полуметаллическими. Вследствие сильного преломления свет, падающий на углы октаэдра, полностью отражается. Кристаллы (особенно мелкие) имеют поэтому неясные закругленные контуры и кажутся

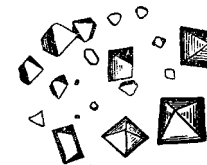


Рис. 16. Кристаллы K_2PtCl_6 , $\times 120$

похожими больше на маленькие ядрышки, чем на хорошо образованные октаэдры. Этой реакции мешают аммоний, рубидий, цезий и таллий. Нерастворимые минералы калия следует в случае данной реакции сплавлять на угле, а не на платиновой проволочке.

Кальций

Кальций — очень распространенный элемент. Известны главным образом его углекислые соединения — кальцит и арагонит и сернокислые — гипс и ангидрит. Кальций встречается также в виде фтористого соединения — плавленого шпата. Он содержится, кроме того, в многочисленных силикатах, из которых наиболее важны волластонит, анортит, эпидот и др. Из фосфорных соединений кальция назовем апатит. Соединения кальция бесцветные или белые. В кислотах растворимы углекислые, сернокислые и фосфорные соединения кальция. Силикаты кальция в кислотах не растворимы. Флюорит разлагается серной кислотой.

а) **Окрашивание пламени.** Кальцийсодержащие хлористые растворы при прокаливании окрашивают пламя в кирпично-красный цвет.

б) **Осаждение из аммиачных растворов.** Из растворов кальция, содержащих небольшой избыток аммиака, кальций легко осаждается щавелевокислым аммонием $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ или углекислым аммонием $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в виде белого кристаллического осадка CaC_2O_4 или CaCO_3 . Щавелевокислый аммоний осаждает кальций также и из слабо кислых растворов.

в) **Осаждение из солянокислых растворов.** При растворении кальцита или другого кальцийсодержащего минерала на предметном стекле в соляной кислоте и прибавлении к раствору капли серной кислоты выпадает обильный тонкокристаллический белый осадок. При сильном разбавлении раствора и кипячении осадок растворяется, в отличие от BaSO_4 , который при этих условиях не растворим, и SrSO_4 , растворимость которого гораздо меньше. Это единственная реакция, которой можно пользоваться для открытия кальция в присутствии стронция и бария.

Осаждение кальция разбавленной серной кислотой или сернокислым натрием — обычная реакция при исследовании минералов на кальций. Кристаллы $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ лучше осаждаются из нейтральных или слабо кислых растворов, причем раствор приходится немного нагревать и концентрировать. Образование кристаллов происходит тогда по краям пробной капли. Кристаллы $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ выпадают в виде тонких призматических игл моноклинной сингонии с углом угасания 52° , слабым двупреломлением и серыми цветами интерференции. Такие игловидные кристаллы обычно образуются в виде пучков или веерообразных агрегатов. Кроме того, наблюдаются двойники с входящими углами, похожие на ласточкин хвост (рис. 17).

Кобальт

Кобальт встречается главным образом в виде сернисто-мышьяковистого и мышьяковистого соединений, причем наиболее важными из кобальтовых руд являются кобальтин CoAsS и шмальтин CoAs_2 . Из вторичных минералов кобальта наиболее известен кобальтовый цвет $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Первые два кобальтовых минерала растворимы в HNO_3 и перекиси водорода, а последний растворяется в HCl с окрашиванием раствора в розово-красный цвет и во всех минеральных кислотах.

а) **Осаждение щелочами.** Едкие щелочи (калий и натрий) осаждают синюю основную соль кобальта $\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$, которая при нагревании разлагается и образует розово-красный гидрат закиси кобальта $\text{Co}(\text{OH})_2$.

б) **Получение кристаллов $\text{Co}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2$.** Характерная реакция на кобальт. В качестве реактива применяют $(\text{NH}_4)_2\text{Hg}(\text{CNS})_4$, для приготовления которого растворяют в 5 см^3 воды при комнатной температуре 3 г хлорной ртути и 3,3 г роданистого аммония. Ход реакции следующий.

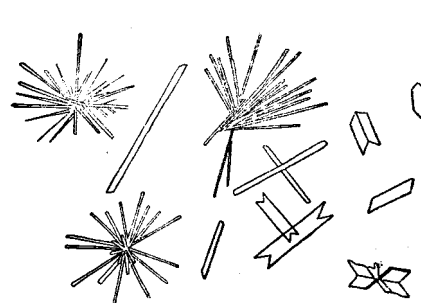


Рис. 17. Кристаллы $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times 90$

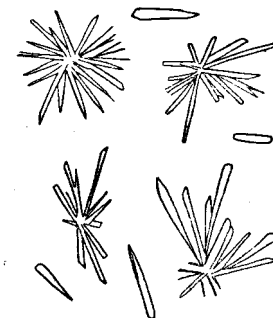


Рис. 18. Кристаллы $\text{Co}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2 \times 90$

Берут каплю раствора кобальтового минерала и прибавляют каплю реактива. При взаимодействии капель происходит осаждение призматических кристаллов $\text{Co}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2$ ромбической сингонии (рис. 18). Отдельные хорошо образованные кристаллы получаются редко. Большею частью они соединяются в неправильные группы или образуют шиповидные шарики. Кристаллы окрашены в прекрасный синий цвет, на толстых кристаллах синий цвет переходит в черный. В горячей воде они довольно хорошо растворяются, при охлаждении раствора снова выпадают по краям капли. Сильные кислоты быстро их разлагают и растворяют, поэтому рекомендуется производить реакцию в слабо кислых растворах.

в) **Сухая реакция.** Перлы буры и фосфорной соли как в окислительном, так и в восстановительном пламени солями кобальта окрашиваются в интенсивный синий цвет.

г) **Королек на угле.** При прокаливании с содой на угле соединения кобальта восстанавливаются до металла, притягиваемого магнитом. При выщелачивании содового сплава в воде остается черный порошок кобальта.

Кремний

Исключительно широкое распространение в природе имеют соединения кремния, называемые силикатами. Большая часть силикатов (полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюды и др.) обычно не растворимы в кислотах. Чтобы выделить из таких минералов кремниевую кислоту, нужно перевести их в растворимое состояние. Это достигается сплавлением их с углекислым натрием Na_2CO_3 или спеканием с хлористым аммонием и карбонатом кальция. При выпаривании с серной и плавиковой кислотами весь кремнезем улетучивается в виде SiF_4 . Сплавление силикатов с содой дает щелочные силикаты, растворимые в воде.

Некоторые силикаты непосредственно разлагаются кислотами. Сюда относятся главным образом цеолиты, которые разлагаются соляной кислотой при нагревании с образованием кремниевой кислоты в виде студня или порошка.

а) **Получение кристаллов Na_2SiF_6 .** Минерал, содержащий кремний, сплавляют с содой на платиновой проволочке и сплав растворяют в небольшом количестве воды. Прозрачный раствор концентрируют медленным выпариванием. На предметное стекло, покрытое коллодиумом, помещают рядом две капли разбавленной соляной кислоты: к одной прибавляют капельку раствора силиката, а к другой — NH_4F . Нагревают, и соединяют обе капли. При этом выпадают звездчатые или шестисторонние кристаллики Na_2SiF_6 гексагональной сингонии (рис. 19). Из мало разбавленных растворов выпадают нежные шестилучевые розетки (до 140 микронов) и очень редко маленькие ромбоэдри. Все

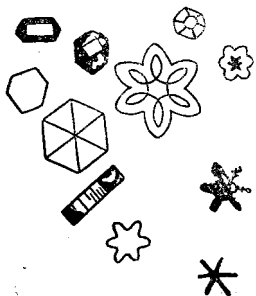


Рис. 19. Кристаллы Na_2SiF_6 , $\times 50$

эти кристаллы хорошо очерчены и окрашены в бледнокрасноватый цвет. Реакция имеет тот недостаток, что многие фтористые соли, например титано-, оловянно-, цирконо- и борофтористые, дают с натрием кристаллы такого же вида и окраски.

б) **Сухая реакция.** При накаливании небольшого количества силиката в перле фосфорной соли металлические окислы растворяются, кремневая кислота же большей частью остается в перле, получая вид белой студенистой массы (кремневого скелета) во взвешенном состоянии. Но никогда не следует ограничиваться одной этой реакцией, ибо многие силикаты цеолитовой группы дают прозрачный перл фосфорной соли без скелета.

Литий

Литиевые соединения имеют ограниченное развитие в природе. Из литиевых минералов полезными являются сподумен и лепидолит. Другие литиевые минералы встречаются очень редко. Сподумен и лепидолит относятся к группе силикатов, не растворимых в кислотах, поэтому при анализе их сплавляют с содой, и сплав растворяют в соляной кислоте.

а) **Получение фосфорнокислого лития.** Из щелочного раствора хлористого лития фосфорнокислый натрий Na_2HPO_4 выделяет белый осадок фосфорнокислого лития Li_3PO_4 . Если же нейтральный раствор лития после прибавления к нему фосфорнокислого натрия быстро нагреть до кипения, то осаждаются светлые прямоугольные таблички, имеющие высокое двупреломление и параллельное угасание.

б) **Получение углекислого лития.** Если к концентрированной капле раствора лития прибавить углекислого аммония, то выделяется белый порошкообразный осадок углекислого лития Li_2CO_3 . Эта соль, в отличие от аналогичных углекислых солей калия, натрия и аммония, очень медленно растворяется в воде. В присутствии большого количества хлоридов щелочных металлов или хлористого аммония осадок углекислого лития не образуется. Из разбавленных растворов углекислый литий выпадает при подсыхании капли по ее краям в виде тонких призм и игл, похожих на кристаллы гипса.

в) **Сухая реакция.** Хлористые соли лития окрашивают пламя в карминово-красный цвет. В присутствии натриевых солей литиевая окраска маскируется, но при наблюдении через кобальтовое стекло красный цвет пламени становится видимым.

Магний

Соединения магния очень распространены в природе. Важнейшие магниевые минералы: магнезит, доломит, карналлит, шпинель и соединения с алюминием и кремнием. Первые три минерала магния растворимы в кислотах. Шпинель и силикаты магния (пироксены, амфиболы, хлорит и др.) в кислотах не растворимы и поэтому предварительно сплавляются с содой.

а) **Реакция с едкими щелочами KOH и NaOH.** При прибавлении к раствору магния KOH или NaOH образуется белый студенистый осадок гидроксида магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, растворимый в кислотах и аммонийных солях. Аммиак же почти не осаждает $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

б) **Получение кристаллов $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.** К капле раствора магния прибавляют хлористый аммоний, и пересыщают раствор аммиаком. После прибавления аммиака следует раствор нагреть, чтобы получить хорошо образованные кристаллы. В нагретую каплю, выделяющую сильный запах аммиака, вносят

кристаллик фосфорнокислого натрия. Из растворов, содержащих больше 10% магния, вначале выпадают иксообразные кристаллы, затем появляются хорошо образованные призматические кристаллики ромбической сингонии (рис. 20 и 21). При избытке

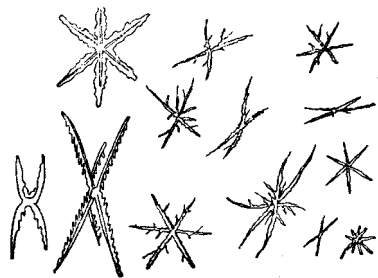


Рис. 20. Кристаллы $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. При быстром выпадении. $\times 90$



Рис. 21. Кристаллы $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. При медленном выпадении. $\times 200$

в растворе свободной соляной кислоты прибавляют сначала фосфорнокислого натрия, а затем, после нагревания, избыток аммиака. Вначале выпадает аморфный осадок, который быстро превращается в дендриты, особенно характерные для магния. Осадок $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ хорошо растворим в кислотах, но стоит прибавить избыток аммиака, предварительно его нагрев, как снова образуется осадок $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. Присутствие щелочных металлов — натрия и калия не мешает этой реакции. Щелочноземельные металлы — кальций и стронций следует удалить серной кислотой или углекислым аммонием, чтобы они не мешали открытию магния. От осадка кальциевых солей раствор магния отфильтровывается по методу Геммеса.

в) **Окрашивание раствором $Co(NO_3)_2$.** Многие магнийсодержащие минералы не окрашены. При прокаливании и смачивании после прокаливании раствором $Co(NO_3)_2$ и при повторном сильном прокаливании неокрашенные минералы приобретают бледный мясо-красный цвет.

Марганец

Важнейшие марганцевые минералы: пиролюзит, браунит, манганит, родохрозит, гидроокислы марганца и родонит. Перечисленные марганцевые минералы, за исключением родонита и родохрозита, растворяются в соляной кислоте на холоду с окрашиванием раствора в характерный темный зелено-бурый цвет. При нагревании раствора выделяется хлор и раствор обесцвечивается, особенно сильно после разбавления водой: в этом случае марганец высшей валентности восстанавливается до двухвалентного. В родохрозите марганец двухвалентен, и поэтому его солянокислый раствор не окрашивается или имеет розовый цвет.

а) **Получение Na_2MnO_4 .** При сплавлении всех марганцевых минералов с содой Na_2CO_3 или с едкой щелочью $NaOH$ на платиновой проволоке в окислительном пламени образуется Na_2MnO_4 , который окрашивает сплав в голубовато-зеленый цвет. В восстановительном пламени Na_2MnO_4 не образуется и сплав имеет белый цвет. Для образования Na_2MnO_4 необходимо наличие свободного кислорода. При прибавлении к соде KNO_3 реакция становится особенно чувствительной: получается более яркая и густая зеленая окраска сплава. При помощи этой реакции марганец открывается даже в количествах, исчисляемых долями миллиграмма.

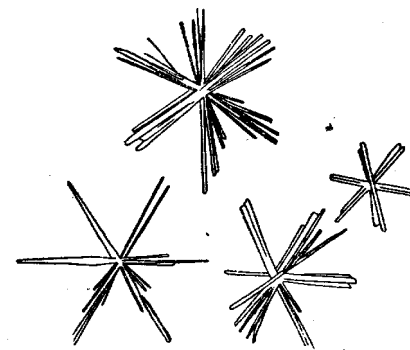


Рис. 22. Кристаллы $Mn_2O_4 \cdot 3H_2O$. $\times 120$

б) **Окрашивание перлов буры и фосфорной соли.** Перлы буры и фосфорной соли при очень маленькой насадке порошка марганцевого минерала в окислительном пламени окрашиваются в фиолетовый цвет, в восстановительном же пламени они становятся совершенно бесцветными.

в) **Реакция с двуокисью свинца PbO_2 или суриком Pb_3O_4 .** Порошок марганцевого минерала помещают в пробирку, прибавляют 2—3 см³ азотной кислоты и кипятят. К раствору прибавляют затем порошок PbO_2 или Pb_3O_4 и снова кипятят. При остывании цвет раствора от образования марганцевой кислоты $HMnO_4$ становится фиолетово-красным или розовым.

г) **Получение кристаллов $Mn_2O_4 \cdot 3H_2O$.** Реакцию лучше проводить в нейтральных растворах. Для этого необходимо каплю солянокислого раствора, содержащего марганец, выпарить на предметном стекле досуха и затем к охлажденному сухому остатку прибавить каплю воды и кристаллик щавелевокислого калия. При этом выпадают тонкие палочки, которые, звездообразно перекрещиваясь, соединяются в лучки (рис. 22). Угол угасания отдельных палочек прямой. Палочки двупреломляют. Присутствие больших количеств цинка, кобальта и никеля мешает образованию щавелевокислого марганца.

Медь

К типичным медным минералам относятся сульфиды, а также окислы, карбонаты и сернокислые соединения. Значительно реже встречается самородная медь. Из сульфидов меди наиболее известны халькозин и халькопирит, из окислов — куприт, а из карбонатов — малахит и медная синь. Перечисленные минералы

растворимы в азотной и, за исключением сульфидов, в соляной кислоте. Растворы двухвалентной меди имеют голубой или зеленый цвет; при прибавлении аммиака цвет раствора изменяется в темносиний вследствие образования комплексного аммиачно-медного соединения.

а) **Осаждение щелочами.** При действии едких щелочей (натрия и калия) на растворы двухвалентной меди образуется светлоголубой хлопьевидный осадок гидроокиси меди, которая при нагревании разлагается и дает черный осадок окиси меди. При действии же КОН на растворы одновалентной меди образуется на холоду желтый осадок гидрата закиси меди.

б) **Реакция с иодистым калием.** К разбавленному раствору соли двухвалентной меди прибавляют иодистого калия; выделяющийся иод окрашивает раствор в желтый цвет. Кроме того, если в солянокислый раствор, содержащий медь, положить кусочек иодистого калия, образуется очень тонкий светложелтый аморфный осадок иодистой меди. Желтая окраска иодистой меди придается в этом случае выделяющимся иодом.

в) **Реакция с металлическим железом.** Если к солянокислому раствору меди прибавить кусочек металлического железа или опустить в раствор кончик стальной иглы, то из раствора выделяется металлическая медь в виде налета на кусочке железа или на иглке.

г) **Сухая реакция.** Солянокислый раствор меди окрашивает пламя спиртовки в голубой или зеленый цвет. При сплавлении с содой медного минерала медь восстанавливается до металлической и выделяется в виде красного ковкого королька.

д) **Получение кристаллов $\text{Cu}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.** Минерал

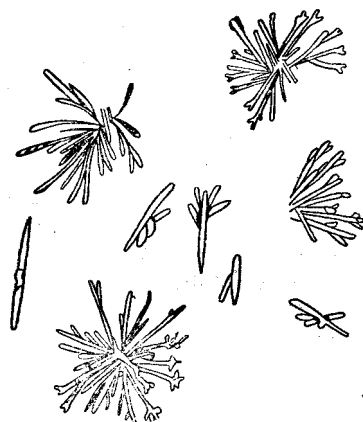


Рис. 23. Кристаллы.
 $\text{Cu}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
× 90

растворяют в HNO_3 , и затем раствор выпаривают досуха. Сухой остаток растворяют в разбавленной уксусной кислоте. К холодной капле раствора прибавляют маленькую каплю реактива $\text{NH}_4\text{Hg}(\text{CNS})_2$, и немного подогревают. При этом выпадает желто-зеленый моховидный осадок роданистой медно-ртутной соли $\text{Cu}(\text{CNS})_2 \cdot \text{Hg}(\text{CNS})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (рис. 23). Под микроскопом этот осадок представлен призматически-игольчатыми агрегатами. Отдельные иглочки имеют прямое угасание.

е) **Капельная реакция.** Фильтровальную бумагу пропитывают насыщенным раствором роданистого калия, который перед этим наполовину разбавляют водой, и на эту бумагу помещают каплю

испытываемого медьсодержащего раствора. В присутствии меди на бумаге образуется бурое пятно. Затем бумагу держат над парами NH_3 , и получают комплексный ион аммония и меди голубого цвета. На это голубое пятно помещают каплю желтой кровавой соли. Пятно переходит в бурый цвет (отличие от никеля).

Молибден

Молибден встречается в виде молибденита, вольфенита и повеллита. В молибдените молибден четырехвалентный, а в вольфените и повеллите — шестивалентный. Соединения молибдена обычно растворимы в кислотах.

а) **Реакция с серной кислотой.** Если выпарить в капле крепкой H_2SO_4 молибденовое соединение, как, например, вольфенит или повеллит, то сухой остаток окрашивается в интенсивный синий цвет, т. е. происходит образование молибденовой сини.

б) **Реакция с цинком.** Если к солянокислому раствору молибдена прибавить кусочек цинка, то раствор окрашивается сначала в синий, затем в зеленый и, наконец, в бурый цвет. Так же действуют SnCl_2 и другие восстановители.

в) **Реакция с ксантогенатом калия.** Несколько зерен молибденита сплавляют в ушке платиновой проволоки с содой, и растворяют сплав в нескольких каплях соляной кислоты (1:1). К полученному слабо кислому раствору прибавляют кристаллик ксантогената калия. При этом молибден окрашивает раствор в красный цвет. Реакция очень чувствительная и специфичная для молибдена.

г) **Реакция с роданистым калием.** Если на солянокислый раствор молибдена подействовать роданистым калием в присутствии цинка или SnCl_2 , то в связи с образованием роданистого молибдена раствор окрасится в кроваво-красный цвет. При прибавлении перекиси водорода окраска исчезает.

д) **Получение кристаллов TiMoO_4 .** Минерал сплавляют с КОН на платиновой проволочке, и сплав растворяют в воде. В растворе должен быть избыток КОН или NaOH. На предметное стекло помещают каплю раствора, и к ней прибавляют кристаллик азотнокислого таллия. Выпадают просвечивающие бесцветные или слабо окрашенные в желтый цвет шестисторонние листочки молибденовоокислого таллия, иногда появляются красивые решетчатые шестилучевые звезды, лучи которых направлены под углами 60 и 120°.

Мышьяк

Важнейшими из мышьяковых руд являются сульфиды, арсениды и сульфосоли. Среди сульфидов известны реальгар, аурипигмент, арсениопирит. Из арсенидов — никелин, шмальтин. Из сульфосолей — блеклая руда, представляющая собой смесь суль-

фо-мышьяковистокислых и сульфо-сурьмянистокислых соединений, главным образом меди, ртути, железа и цинка. Все перечисленные соединения мышьяка растворимы в азотной кислоте или в царской водке. При прокаливании их с содой на угле в окислительном пламени они дают белый дым с резким чесночным запахом и образуют пепельно-серый налет.

а) **Реакция с молибденовокислым аммонием.** Если минерал не растворим в крепкой HNO_3 , его сплавляют с Na_2CO_3 . Сплав растворяют в азотной кислоте, и к раствору прибавляют молибденовокислого аммония. Этот раствор подогревают на слабом пламени спиртовки. В присутствии мышьяка выпадает желтый осадок мышьяково-молибденовокислого аммония. Аналогичная реакция получается в присутствии фосфора без подогревания.

б) **Получение мышьякового зеркала.** Измельченный мышьяковый минерал помещают в закрытую трубку и прокаливают перед паяльной трубкой на пламени спиртовки: на стенках закрытой трубки в удалении от пробы образуется возгон металлического мышьяка черного цвета и вблизи пробы — светлосерый налет As_2S_3 . Металлический налет можно проверить на мышьяк, растворяя в азотной кислоте и действуя на раствор молибденовокислым аммонием. При этом должен получиться желтый осадок мышьяково-молибденовокислого аммония.

в) **Восстановление мышьяка.** Минерал растворяют в царской водке, и раствор выпаривают досуха (не рекомендуется оставлять сухой остаток на огне, так как мышьяк летуч). Сухой остаток растворяют в капле соляной кислоты и капле воды, и к раствору прибавляют хлористое олово. В присутствии мышьяка выпадает осадок черного или бурого цвета (при малом содержании мышьяка надо раствор нагреть и подождать 3—5 мин.). При кипячении сухого остатка с соляной кислотой и металлическим цинком выделяется черная пена металлического мышьяка.

Натрий

Соединения натрия, растворенные в соляной кислоте, окрашивают пламя в интенсивный желтый цвет.

Никель

К раствору никельсодержащего минерала прибавляют небольшой избыток аммиака и немного порошка диметилглиоксима и нагревают раствор до кипения. В присутствии даже небольших количеств никеля выпадает красивый карминово-красный осадок.

Олово

Важнейшими минералами олова являются касситерит и станнин.

а) **Открытие олова в касситерите.** На предметное стекло помещают каплю крепкой соляной кислоты, в каплю погружают небольшое зерно касситерита и прибавляют цинковой пыли. Происходит восстановление SnO_2 до металлического олова, которое выделяется в виде металлического зеркала — налета на зерне касситерита. В случае, если цинковой пыли было прибавлено недостаточно для нейтрализации всего раствора, после некоторого стояния оловянная рубашка на зерне касситерита растворяется в соляной кислоте и зерно приобретает прежний вид. Металлическое зеркало не всегда получается быстро, особенно на светлых разностях касситерита. Если зерно не покрывается металлическим налетом с одного раза, его следует поместить в новую каплю соляной кислоты и прибавить новые порции цинковой пыли: при повторной обработке зерна налет получается моментально.

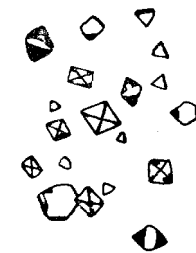


Рис. 24. Кристаллы Rb_2SnCl_6 . $\times 130$

б) **Получение кристаллов Rb_2SnCl_6 .** Минерал, содержащий олово, растворяют в азотной кислоте, и раствор выпаривают на водяной бане досуха. Сухой остаток снова растворяют в воде: остается нерастворимой метаоловянная кислота, которую отфильтровывают по способу Геммеса. К остатку метаоловянной кислоты прибавляют каплю слабой соляной кислоты и кристаллик хлористого рубидия. В присутствии последнего выпадают кристаллы хлоростанната рубидия кубической сингонии, представленные октаэдрами, ромбододекаэдрами и кубооктаэдрами. Иногда в вершинах октаэдров появляются темные точки (рис. 24).

Платина

В природе встречается главным образом самородная платина.

а) **Реакция с диметилглиоксимом.** К раствору платины в царской водке прибавляют воды, каплю соляной кислоты и избыток диметилглиоксима. При кипячении раствора получается осадок сине-зеленого цвета. При небольшом содержании платины осадок выпадает только после охлаждения раствора.

б) **Получение кристаллов Rb_2PtCl_6 .** Если самородная платина не содержит значительных примесей иридия, осмия и родия, то она легко растворяется в царской водке. При этом получается раствор хлорной платины. Если к капле этого раствора прибавить кристаллик хлористого рубидия, получают мелкие октаэдры совершенной формы желтого цвета, наблюдаемые под микроскопом.

в) **Получение кристаллов K_2PtCl_6 .** Хлористый калий осаждает из раствора хлорной платины красивые лимонно-желтые октаэдры (рис. 25). (Описание их было дано при калии.)

Ртуть

Ртуть в природе встречается главным образом в виде киновари HgS , растворимой в царской водке с выделением серы.

а) **Восстановление ртути из киновари.** Раскаленным шариком соды на платиновой палочке прикасаются к порошку или зерну киновари, помещенному в фарфоровой чашечке. Минерал дает газообразные продукты разложения, но на холодных стенках чашечки пары ртути, конденсируясь, образуют ка-

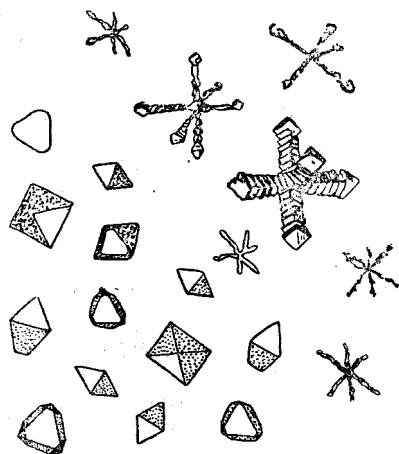


Рис. 25. Кристаллы K_2PtCl_6 . $\times 120$

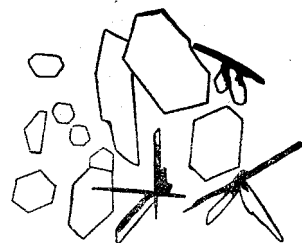


Рис. 26. Кристаллы PbJ_2 . $\times 90$

пельки металлической ртути, которые хорошо можно видеть под биноклем. Для этой реакции достаточно одного зерна киновари, размером около 0,2 мм. Капельки ртути растворяются в HNO_3 .

б) **Получение кристаллов $Hg(CNS)_2 \cdot Co(CNS)_2$.** К капле раствора киновари в царской водке прибавляют каплю раствора азотнокислого кобальта и роданистого аммония. В результате выпадают синие призматические двойные кристаллы $Hg(CNS)_2 \cdot Co(CNS)_2$.

Свинец

Свинец в природе встречается в виде галенита, церуссита, англесита, пироморфита, миметезита, ванадинита, вульфенита и т. д. Перечисленные свинцовые минералы, за исключением англесита, растворимы в соляной и азотной кислотах. Нерастворимые минералы свинца сплавляются с содой и сплав выщелачивают кислотами.

а) **Получение кристаллов соли двуокисного свинца.** Минерал растворяют на предметном стекле в соляной или азотной кислоте. Полученный раствор, содержащий свинец, досуха выпаривают. Сухой остаток растворяют в капле воды, и к водному раствору свинца прибавляют кристаллик иодистого калия. В результате получают золотисто-желтые кристаллы PbJ_2 в виде неправильных шестиугольных пластинок, которые можно наблюдать под микроскопом (рис. 26).

б) **Получение свинцового королька.** При сплавлении порошка свинцового минерала с содой на угле в восстановительном пламени получается корольек металлического свинца, отличающегося большой ковкостью, легкой растворимостью в азотной и, при нагревании, в соляной кислоте.

Сера

а) **Получение серной печени.** Порошок минерала сплавляют с содой и небольшим количеством угля на платиновой проволоке или на угле в окислительном пламени. Полученный сплав погружают в каплю воды на металлической пластинке серебра (монете). При наличии в минерале серы на серебряной пластинке образуется черное или темное пятно.

б) **Получение осадка сернокислого бария.** При действии раствором хлористого бария на солянокислый раствор минералов, содержащих шестивалентную или сульфатную серу, выпадает густой тонкокристаллический осадок сернокислого бария.

Серебро

Серебро встречается в самородном состоянии, но главным образом в соединениях с серой, мышьяком и сурьмой в виде пираргирита Ag_3SbS_3 и прустита Ag_3AsS_3 , а также в виде кераргирита $AgCl$. Примеси серебра встречаются в блеклых рудах и в галените. Большинство сербросодержащих минералов хорошо растворимо в азотной кислоте. Все соединения серебра при прокаливании с содой на угле легко восстанавливаются, образуя белый металлический ковкий корольек серебра без налета (отличие от свинца и олова), легко растворимый в азотной кислоте (отличие от олова). Азотнокислый раствор серебра с соляной кислотой дает белый творожистый осадок хлористого серебра (отличие от свинца).

а) **Образование окиси серебра.** Минерал растворяют в азотной кислоте и раствор выпаривают досуха. Сухой остаток растворяют в воде и к нейтральному водному раствору серебра добавляют каплю аммиака. В результате образуется $AgOH$, а затем бурая окись серебра Ag_2O , которая растворима в избытке аммиака.

б) **Образование хлористого серебра.** При действии на азотнокислый раствор серебряных минералов соляной кислотой выпа-

дает белый творожистый осадок хлористого серебра AgCl , который на воздухе быстро темнеет. Осадок хлористого серебра легко растворяется при прибавлении нескольких капель аммиака (рис. 27).

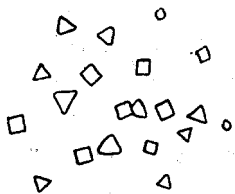


Рис. 27. Кристаллы AgCl . $\times 200$

в) **Образование иодистого серебра.** При прибавлении к нейтральному раствору серебра капли иодистого калия выпадает желтый творожистый осадок иодистого серебра AgI , практически не растворимого в аммиаке.

г) **Образование двуххромовокислого серебра.** При прибавлении к слабо нагретому азотнокислному раствору серебра кристаллика хромовокислого аммония выпадает соль $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в виде крупных триклинных пластинок и ромбов, окрашенных в разные цвета (начиная от желтого и кончая кроваво-красным).

Сурьма

Из сернистых соединений сурьмы наиболее важное значение имеет антимонит, из кислородных — валентинит. В окислительном пламени сурьмяные минералы дают на угле белый налет Sb_2O_5 вблизи пробы и хрупкий металлический королек.

а) **Открытие сурьмы в антимоните.** В KOH зерна антимонита покрываются оранжевой пленкой сурьмяных сульфосолей. Эта реакция хорошо удаётся в свободных зернах и при травлении полированных шлифов с антимонитом.

б) **Открытие сурьмы в валентините.** Минерал растворяют в соляной кислоте. При прибавлении к раствору хлористой сурьмы воды образуется белый осадок хлорокиси сурьмы SbOCl . Если солянокислый раствор сурьмы покипятить с кусочком металлического железа, выпадают черные хлопья металлической сурьмы.

в) **Получение кристаллов $\text{Cs}_2\text{SbCl}_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$.** Берут каплю солянокислого раствора сурьмяного минерала. С одной стороны капли помещают кристаллик CsCl , а с противоположной — немного KJ . Выпадают кристаллы состава $\text{Cs}_2\text{SbCl}_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ в виде шестиугольных пластинок желтого цвета, похожих по форме на кристаллы аналогичной соли висмута (см. рис. 15), но отличных по цвету (последние имеют красный цвет).

г) **Определение сурьмы с родамином В.** Зерна сурьмяного минерала растворяют в нескольких каплях соляной кислоты при нагревании на часовом стекле. Затем раствор охлаждают, и приливают в фарфоровый тиглек или фарфоровую чашечку к 1 см^3 раствора родиамина В. Присутствие сурьмы вызывает изменение красной окраски реактива в фиолетовую. Трехвалентную сурьму следует предварительно окислить прибавлением нескольких крупинок нитрита натрия. Родамин В применяют в концентрации $0,01 \text{ г}$ красителя на 100 см^3 воды.

Тантал и ниобий

а) **Реакция образования гексатанталата натрия $\text{Na}_3\text{Ta}_6\text{O}_{19} \cdot 25\text{H}_2\text{O}$ и гексаниобата натрия $\text{Na}_3\text{Nb}_6\text{O}_{19} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$.** Реакция основана на различной растворимости калиевой и натриевой солей кислот тантала и ниобия. Калиевая соль сравнительно хорошо растворима в воде, натриевая соль растворима при комнатной температуре очень мало, несколько больше при нагревании.

Разложение минерала производят путем сплавления с KOH . Сплав выщелачивают на часовом стекле небольшим количеством воды, к которой прибавлена капля KOH (10%), чтобы предотвратить выпадение трудно растворимой кислой калиевой соли. Раствор отфильтровывают по методу Геммеса. Затем к капле раствора на предметном стекле прибавляют 1 каплю 10%-ного раствора NaOH и несколько кристалликов уксуснокислого натрия. Через некоторое время у края капли начинают расти бесцветные кристаллы гексатанталата натрия $\text{Na}_3\text{Ta}_6\text{O}_{19} \cdot 25\text{H}_2\text{O}$ и гексаниобата натрия $\text{Na}_3\text{Nb}_6\text{O}_{19} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$. Сначала выпадают палочки, затем шестиугольники, совершенно правильные или слегка вытянутые, и, наконец, шестиугольные звезды.

б) **Открытие тантала и ниобия с танином.** Небольшое количество зерен танталового или ниобиевого минерала растирают в тонкий порошок и сплавляют в маленьком фарфоровом тигле с кристалликами KHSO_4 или $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$. Затем сплав растворяют в $1-2 \text{ см}^3$ горячего раствора щавелевокислого аммония. К полученному раствору прибавляют $0,1 \text{ г}$ NH_4Cl и $0,02 \text{ г}$ сухого танина, и раствор осторожно кипятят в пробирке. Минералы, содержащие тантал, дают при этом желтый осадок; содержащие ниобий — оранжевый или оранжево-красный. В слабо щавелевокислом растворе присутствие Fe не мешает течению реакции.

Теллур

а) **Реакция с серной кислотой H_2SO_4 .** Концентрированную серную кислоту кипятят в фарфоровой чашечке для удаления воды, затем прибавляют порошок исследуемого теллурсодержащего минерала и полученный раствор нагревают, но не до кипения. Раствор окрашивается в карминово-красный цвет, который исчезает при кипячении или разбавлении водой.



Рис. 28. Кристаллы Cs_2TeCl_6 . $\times 130$

б) **Получение кристаллов Cs_2TeCl_6 .** К солянокислному раствору теллура прибавляют кристаллик хлористого цезия, причем выпадают лимонно-желтые прозрачные октаэдры Cs_2TeCl_6 , которые разлагаются при прибавлении воды (рис. 28). От иодистого калия кристаллики моментально окрашиваются в черно-бурый цвет (в отличие от хлороплатината цезия).

Титан

В природе титан чаще всего встречается в виде ильменита, сфена и окислов (рутила, анатаза и брукита), реже перовскита. Соединения титана в кислотах не растворимы. В растворимое состояние титановые минералы переводятся путем сплавления с содой или кислым серноокислым калием. При сплавлении титановых минералов с бурой и оловом в восстановительном пламени перл становится по охлаждению фиолетовым.

Реакция с перекисью водорода. Минерал сплавляют с содой и обрабатывают равными объемами воды и серной кислоты, затем сплав кипятят в пробирке до растворения мути. К полученному раствору прибавляют 1—2 капли фосфорной кислоты и 2 капли перекиси водорода. При наличии титана раствор окрашивается, в зависимости от концентрации, в цвет светложелтый до густооранжевого. Церий с перекисью водорода также дает бледножелтую окраску, но никогда не дает оранжевой. Реакции мешают хроматы, ванадаты и молибдаты. Эта реакция весьма чувствительна и позволяет установить присутствие титана при наличии одного небольшого зерна титансодержащего минерала.

Фосфор

Из фосфорсодержащих шлиховых минералов наиболее распространенными являются апатит и монацит.

Осаждение молибденовокислым аммонием. Фосфорсодержащие минералы растворяют в азотной кислоте, а если минерал трудно растворим, его предварительно сплавляют с содой. К азотнокислоте раствору прибавляют несколько зернышек молибденовокислого аммония. В присутствии фосфора образуется желтый тонкокристаллический осадок фосфорно-молибденовокислого аммония. Подобная реакция происходит и с мышьяковыми минералами, но при нагревании.

Хром

Главными из хромсодержащих минералов являются хромит и хромовые шпинели, не растворимые в кислотах.

а) **Сухие реакции.** При сплавлении с содой, которое следует производить в окислительном пламени, получается непрозрачный желтый сплав. Чувствительность реакции увеличивается от прибавления к сплаву селитры KNO_3 или перекиси натрия. Корольки же хрома с бурой и фосфорной солью имеют в холодном состоянии яркозеленый цвет, все равно — образовались ли они в окислительном, или в восстановительном пламени.

б) **Получение хромовокислого серебра.** При сплавлении с содой и селитрой или перекисью натрия (для лучшего окисления), хромсодержащие минералы разлагаются с образованием хромата

натрия, который растворяется в воде. При прибавлении к нейтральному раствору хромовокислых солей азотнокислого серебра получается буро-красный осадок хромовокислого серебра (рис. 29).

Цинк

Важнейшей цинковой рудой является сфалерит, растворимый в царской водке.

Получение ринмановой зелени. Измельченный минерал, содержащий цинк, сплавляют с содой на пламени спиртовки в платиновой проволочке. Сплав смачивают азотнокислым кобальтом и снова нагревают в окислительном пламени. При наличии цинка сплав приобретает неравномерную зеленую окраску.

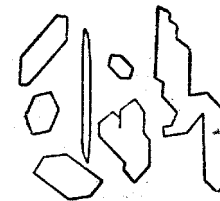


Рис. 29. Кристаллы $Ag_2Cr_2O_7$. $\times 60$

6. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МЕТОДЫ

Люминесценция (свечение) минералов может быть вызвана рентгеновыми, ультрафиолетовыми и катодными лучами, а в некоторых случаях просто нагреванием минерала в пламени газовой горелки или другим источником.

Особенно интенсивно свечение минералов в катодных лучах: во многих случаях оно даже не требует полного затемнения помещения. В катодных лучах светится большее количество минералов, чем в ультрафиолетовых. Цвет и яркость люминесценции зависят от наличия примесей в минералах; установлено, что химически чистые соли обычно не дают свечения.

Примеси в минералах являются, таким образом, активаторами свечения. Среди них особое значение имеют редкие земли, уран, марганец и некоторые другие элементы. Количество примесей колеблется при этом от тысячных долей процента до нескольких процентов (1—6%). Но большое количество активатора иногда может подавлять люминесценцию минерала, тогда как следы этого же активатора вызывают яркое свечение.

Явления свечения связаны также с характером распределения примесей в решетке данного минерала. Иногда тонкое измельчение светящихся минералов приводит к полному исчезновению свечения.

Люминесцентные методы используют как диагностические, но чаще их применяют для проверки и количественной оценки содержания минералов, которые были уже установлены при просмотре проб под бинокляром и при минералогическом исследовании шлихов и рудных концентратов. Несмотря на то, что люминесцентный анализ является очень простым и удобным методом определения и количественной оценки минералов, он имеет ограниченное применение. Вызвано это в известной сте-

пени тем, что очень многие минералы обладают одинаковым свечением, хотя их химический состав совершенно различен. Возможен и такой случай, когда один и тот же минерал из различных месторождений имеет разное как по силе, так и по цвету свечение.

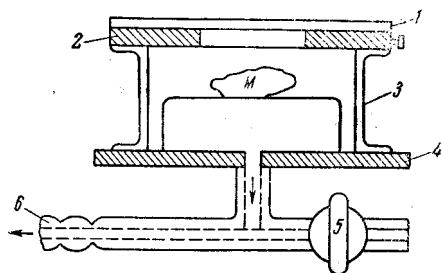


Рис. 30. Схема катодной трубки конструкции Г. Ф. Комовского

1—плоско-параллельный стеклянный диск; 2—алюминиевая шайба; 3—металлический цилиндр с притертыми бортами; 4—латунная шлифованная подставка; 5—кран; 6—трубка, соединяющаяся с масляным насосом; М—исследуемый минерал

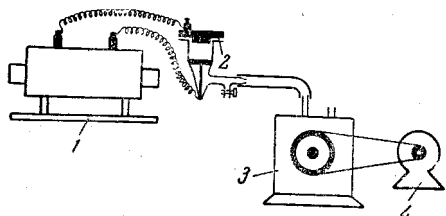


Рис. 31. Схема катодной установки с трубкой конструкции М. Г. Богословского

1—источник тока высокого напряжения; 2—трубка конструкции Богословского; 3—масляный насос; 4—мотор

ния воздуха внутри трубки. С увеличением вакуума усиливается катодное излучение.

Катодная трубка системы Г. Ф. Комовского дает возможность наблюдать люминесценцию минералов через плоско-параллельное стекло, над которым можно устанавливать любые увеличительные приборы (бинокляр или микроскоп). Катодная трубка состоит из стеклянного или даже металлического цилиндра с притертыми хорошо отполированными бортами (рис. 30 и 32). К верхней части цилиндра приклеивается при помощи плицина или менделеевской замазки алюминиевая шайба 2, которая имеет посередине отверстие диаметром 25—30 мм и служит катодом. Сверху к шайбе приклеивается той же замазкой плоско-параллельный диск из стекла 1. Стеклянный цилиндр

При изучении шлихов и рудных концентратов чаще прибегают к методу катодной люминесценции, при помощи которой открывают шеллит, апатит, флюорит, циркон, алмаз, повеллит, кальцит, волластонит и некоторые другие минералы с интенсивным свечением.

Аппарат для катодной люминесценции состоит из катодной трубки, высоковольтного трансформатора, подающего высокое напряжение на электроды катодной трубки, и вакуумного насоса с мотором. Изучаемый объект (шлих, фракция или отдельные зерна) помещается в катодную трубку и облучается там катодными лучами, образующимися в результате излучения электронов одним из электродов катодной трубки, при высоком разрежении, получаемом с помощью вакуумного насоса. Скорость электронов зависит от степени разреже-

с катодом ставится нижней частью на хорошо отшлифованную латунную подставку 4, которая имеет сообщение с вакуумным насосом. Внутри цилиндра помещается на соответствующей подставке исследуемый шлик в часовом стеклышке с зачерненным дном. Подставка со шлихом не должна закрывать отверстие в латунной подставке, через которое происходит откачка воздуха насосом. Нижний борт цилиндра смазывается специальной смазкой (крановая мазь), или под борт подкладывается резина для получения герметичности. Алюминиевая шайба соединяется с катодом источника высокого напряжения, латунная подставка — с анодом или землей.

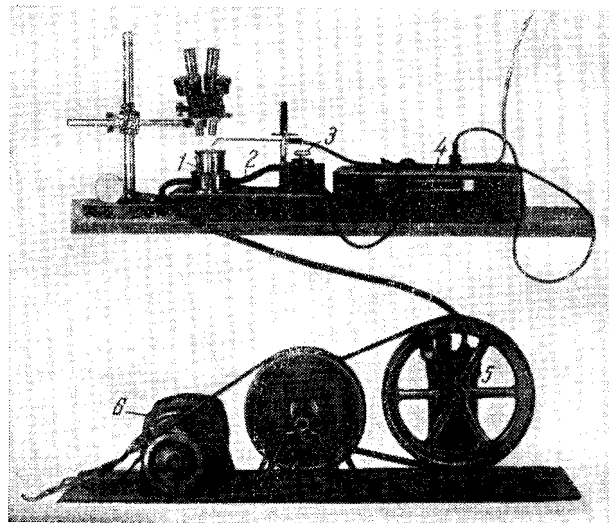


Рис. 32. Катодная установка с трубкой конструкции Г. Ф. Комовского, используемая в Ленинградском горном институте

1—катодная трубка; 2—подставка для трубки; 3—спусковой кран; 4—источник тока высокого напряжения; 5—масляный насос; 6—мотор

Разборная катодная трубка конструкции М. Г. Богословского также имеет широкое применение и не сложна по конструкции (рис. 31). Трубка 2 состоит из стеклянного сосуда, имеющего наверху отогнутые и притертые края, на которые ложится металлическая крышка, служащая катодом. Последняя соединяется с отрицательным полюсом источника тока высокого напряжения 1. Между стеклом и катодом трубки прокладывается мягкое резиновое кольцо (уплотнение). Исследуемый минерал или шлик помещается на электроде, соединенном с положительным полюсом источника тока высокого напряжения. От нижней части стеклянного сосуда отходит в сторону стеклянная трубка,

соединяющаяся посредством толстого резинового шланга с масляным вакуумным насосом 3. Посредством последнего создается требуемое разрежение воздуха в приборе. В стеклянной трубке имеется также сбоку кран для впуска воздуха внутрь трубки при перемене образца или пробы. Достаточное разрежение получается через 15—30 сек. после пуска в действие масляного насоса. В качестве источника высокого напряжения применяется любой трансформатор или индуктор, дающий напряжение до 30 кВ и более при силе тока до 5 мА. Можно использовать также медицинский прибор д'Арсонваля, дающий напряжение до 25 кВ, но очень слабую силу тока (не более 0,5 мА). На рис. 32 приведена фотография катодной установки, используемой в Ле-

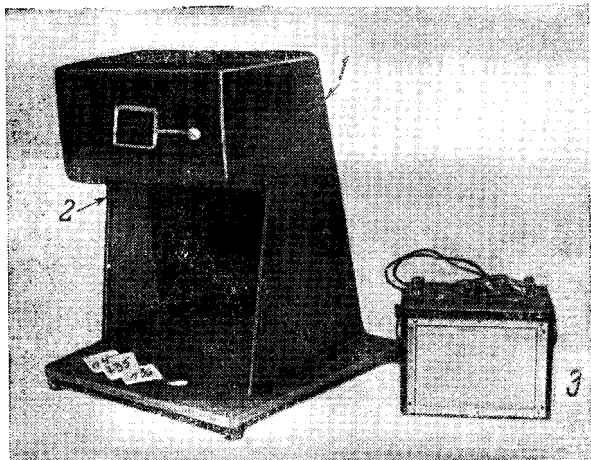


Рис. 33. Ультрафиолетовая установка

1—кварцевая лампа внутри металлического кожуха; 2—стекло Вуда (увиолевый светофильтр); 3—трансформатор

нинградском горном институте. Она состоит из катодной трубки системы Комовского 1, источника тока высокого напряжения 4 (прибор д'Арсонваля) и масляного насоса системы Комовского 5 (для создания вакуума).

Прибором для получения ультрафиолетовых лучей служит ртутная кварцевая лампа (рис. 33). Она помещается в металлический кожух 1 с окошком 2, в котором вставлено черное стекло Вуда. Для усиления действия ультрафиолетовых лучей на исследуемые минералы на пути лучей устанавливается двояковыпуклая кварцевая линза. Ртутная кварцевая лампа дает излучение с длиной волны порядка 6000—2300 Å. Наряду с ртутными кварцевыми лампами для получения ультрафиолетовых лучей используются кварцевые лампы, изготавливаемые для медицинских целей. Они также помещаются в металлическом

кожухе с окошечком, в которое вставлено стекло Вуда для поглощения лучей видимого света. Медицинская кварцевая лампа, например типа АРК-4, питается через трансформатор 3 от осветительной сети с напряжением 110—120 в. На лампе создается напряжение около 70 в при силе тока 4 а.

Существует переносная установка для получения ультрафиолетового излучения (рис. 34). Эта установка питается от источника тока высокого напряжения. В качестве такого источника используется магнето высокого напряжения, снабженное зубчатой передачей и рукояткой для вращения. Такое магнето дает напряжение 15—20 кВ. При включении в контур высокого напряжения конденсатора 0,0035 мкФ получается яркая искра, богатая ультрафиолетовыми лучами, способная возбуждать голубое свечение шеелита.

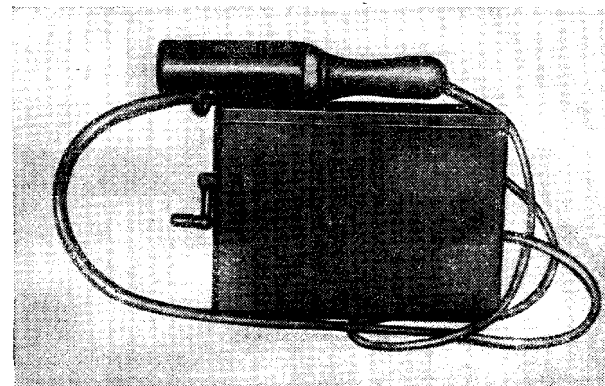


Рис. 34. Переносная установка для получения ультрафиолетового излучения

В работе М. Г. Богословского, П. В. Савицкой и С. Г. Соломкиной («Советская геология», № 10, 1938) приведены таблицы минералов, люминесцирующих в катодных, ультрафиолетовых и рентгеновых лучах. В катодных лучах люминесцируют шеелит—интенсивное голубое свечение, апатит — желтое или розоватое, циркон — интенсивное лимонно-желтое, повеллит — интенсивное зеленовато-желтое, флюорит — зеленое. В ультрафиолетовых лучах кварцевой лампы со стеклом Вуда люминесцируют: циркон — золотисто-желтое свечение, апатит — яркое желтое, флюорит — сиреневое, кальцит — красное, торбернит — интенсивное зеленое.

В дальнейшем при описании некоторых минералов приводится характер их свечения в катодных лучах.

Люминесцентный количественный анализ, основанный на использовании катодной люминесценции минералов, был предложен и разработан Е. Г. Разумной для шеелитовых руд и про-

дуктов их обогащения («Советская геология», № 11, 1938). Этот метод требует, чтобы определяемый минерал выделялся цветом или интенсивностью люминесценции в исследуемом шлихе или рудном концентрате. Для определения содержания светящегося минерала в препарате используются статистические методы подсчета: метод константного препарата Разумной, точечный метод и метод полей Глаголева.

В крупных классах подсчет зерен светящегося минерала производят путем наблюдения невооруженным глазом или под биноклем, в мелких классах (с крупностью зерен меньше 0,1 мм) — с помощью катодного микроскопа Комовского.

Количественный метод константного препарата применяют для анализа однородных по крупности классов, т. е. при условии предварительной классификации исследуемой пробы по крупности на определенное число классов. Для каждого класса в препарате с площадью 20×20 мм определяют постоянное число зерен. Делают это следующим образом. На предметное стекло наносят тончайший слой глицерина, и стекло со слоем глицерина прикладывают к ровной горизонтальной поверхности пробы (класса). Материал пробы прилипает к стеклу равномерно и в один слой. При этом на определенной площади стекла располагается более или менее постоянное число зерен. Для определения постоянного числа зерен одинаковой крупности подсчет производят в нескольких препаратах из каждого класса и затем берут среднее из полученных результатов подсчета. Таким образом может быть получена шкала постоянных чисел зерен на площади препарата 20×20 мм для различных по крупности классов одинаковых шлихов и рудных концентратов. При таком подсчете нет необходимости каждый раз считать общее число зерен в препарате. Зная общее число зерен в препарате, подсчитывают число зерен определяемого минерала, а зная то и другое, можно определить объемное содержание последнего в классе.

Точечный метод применяют при анализе препаратов, приготовленных из тонкоизмельченного материала (с крупностью зерен меньше 0,1 мм). Для такого препарата путем тщательного последовательного сокращения отбирают пробу весом 1—2 г, которую насыпают в специальную плоскую чашечку и сверху разравнивают. Препарат помещают в катодную ячейку, установленную на столике микроскопа в салазки пушингатора. При включении ячейки в цепь определяемый минерал светится яркими точками на сплошном темном фоне несветящихся минералов. При этом точки, попадающие на светящийся минерал, отмечаются на одном клавише регистратора, точки же, попадающие на темные промежутки между светящимися зернами, отмечаются на другом клавише.

Точечный метод применяют при анализе проб с высоким содержанием полезного минерала. Для анализа бедных концентратов

(с содержанием полезного минерала до 5%) он недостаточно чувствителен и точен вследствие того, что в подсчет попадает небольшое число зерен полезного минерала. Для проб с малым содержанием полезного минерала Разумная предлагает применять метод полей Глаголева.

7. ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В отдельных случаях для диагностики или изучения минералов шлихов и рудных концентратов применяют спектральный, рентгеноспектральный и гониометрический методы.

Наиболее широко применяется спектральный анализ, при помощи которого можно быстро определять качественный химический состав исследуемого минерала или шлиховой пробы. Он оказывает особенно существенную помощь при исследовании трудно определяемых минералов из группы тантало-ниобатов, содержащих редкие земли, сложных сульфидов и сульфосолей различных металлов и расшифровке тонкозернистых минеральных образований зоны окисления, содержащих вторичные минералы молибдена, меди, никеля, свинца, висмута, кобальта и ряда других металлов. Спектральный анализ дает также возможность определять с малой затратой времени наличие редкометаллических примесей в минералах. Количественный спектральный анализ применяется редко.

Рентгеноспектральный анализ по сравнению со спектральным имеет более ограниченное применение, так как требует более сложной установки и большей затраты времени для получения определенных результатов исследования.

Этот метод также служит для качественного и количественного определения элементов, из которых состоит исследуемое вещество. Его преимущество заключается в чрезвычайно простом строении рентгеновского спектра и в его независимости от условий возбуждения. Он представляет собой ценное дополнение к химическому исследованию, особенно при небольшом количестве исследуемого материала, и в случае, когда нужно выполнить анализ на химически сходные элементы (металлы платиновой группы, редкие земли и др.), требующие длительных операций для их разделения при химическом анализе.

Гониометрический метод служит для определения и изучения кристаллографических форм и может применяться лишь в случае наличия хорошо выраженных кристаллов. При этом кристаллические грани должны быть гладкими, без ступенчатых выступов, и блестящими, т. е. обладать хорошей отражательной способностью, а кристаллы — достаточно большими (не меньше 1 мм).

Для исследования водных минералов (различных слюд, хлоритов, водных алюмосиликатов, гидроокислов железа, марганца) и карбонатов может быть применен также термический анализ.

ГЛАВА IV. МИНЕРАЛЫ МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

Магнитная фракция состоит из железосодержащих минералов, обладающих высокой магнитной проницаемостью. Извлечение магнитной фракции производится простым магнитом или электромагнитом без включения электрического тока. Зерна магнитных минералов притягиваются также намагниченным лезвием безопасной бритвы или железной иглой. Для минералов, входящих в магнитную фракцию, характерны: высокий удельный вес, металлический блеск, непрозрачность в мелких осколках и в порошке. Обладая высоким удельным весом, минералы магнитной фракции тонут не только в тяжелых жидкостях (бромформ, жидкости Туле и Сушина—Рорбаха), но также и в расплаве азотнокислой закиси ртути.

При определении минералов магнитной фракции применяются главным образом микрохимические реакции и оптическое исследование в отраженном свете в полированных цементных шлифах.

Минералы магнитной фракции представлены самородными элементами, сульфидами и окислами (табл. 1).

Таблица 1

Минеральные группы магнитной фракции

Самородные элементы	Сульфиды	Окислы
Самородное железо Магнитная платина Магнитное золото	Пирротин Кубанит	Магнетит Титано-магнетит

Ниже описываются минералы магнитной фракции по группам.

1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Самородные элементы магнитной фракции представлены самородным железом, магнитной платиной и магнитным золотом.

Самородное железо Fe. Кубической сингонии. Габитус кристаллов октаэдрический, реже кубический с пранями (111),

(100) и (110). Теллурическое железо (земного происхождения) в кристаллах не известно. Последние известны для искусственного железа, а также в метеоритах. Обычно теллурическое железо встречается в виде мелких листочков, чешуек и неправильных зерен, вкрапленных в горные породы, или в россыпях. Кроме того, в шлихах часто встречается искусственная примесь железа, состоящая из обломков разведочных инструментов (железный скрап).

Спайность совершенная по (100). Твердость 4—5. Уд. вес 7—8. Излом крючковатый. Ковкое. Блеск металлический. Цвет стально-серый до железо-черного. Сильно магнитно. Непрозрачно. Черта металлическая стально-серая. При дроблении расплющивается в крючковатые пластинки.

Под микроскопом в отраженном свете железо имеет сильный блеск и кремово-белый цвет. Полируется хорошо. Твердость от средней до высокой: чертится стальной иглой. Изотропно. Травится HNO_3 со вскипанием, а также HCl. В обоих случаях травится с образованием видманшtedтовых фигур (метеоритное железо).

Определение. Железо определяется по высокой магнитности, стально-серому цвету, металлическому блеску, ковкости, растворению в соляной кислоте с буровато-желтым окрашиванием раствора и с выделением пузырьков водорода. Железо определяется довольно легко. Проверяется главным образом микрохимическими реакциями. Если зерно или кусочек железа поместить в раствор медного купороса, происходит осаждение микроскопически мелких частиц красной меди.

Железо из россыпей иногда сходно с платиной по металлическому блеску и отчасти по цвету, но отличается от нее более светлым стально-серым цветом, высокой магнитностью, большой ковкостью, растворимостью в кислотах. Оно легко отличается также в полированных шлифах по способности травиться кислотами. Кроме того, железо сходно в отраженном свете с серебром по блеску и цвету, но отличается более высокой твердостью и магнитностью.

Магнитная платина и магнитное золото — см. Платина и Золото (в гл. VI «Минералы тяжелой неэлектромагнитной фракции»).

2. СУЛЬФИДЫ

Сульфиды магнитной фракции представлены пирротинном и кубанитом.

Пирротин (магнитный колчедан) $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$. Гексагональной сингонии. Кристаллы редки. Обычно сплошной зернистый. Излом неровный до слабо раковистого. Твердость 3,5—4,5. Уд. вес 5—4,7. Блеск металлический. Цвет бронзово-желтый с постоянной томпаково-бурой побежалостью. Быстро тускнеет. Черта и

порошок темносеровато-черные. Сильно магнитный: притягивается магнитом на расстоянии. Непрозрачен.

Под микроскопом в отраженном свете кремовый. Средней твердости: чертится стальной иглой. Хорошо выражено двуотражение. Сильно анизотропен. Травится царской водкой, КОН и тускнеет от паров HCl.

В россыпях обычно не сохраняется: быстро окисляется и легко крошится вследствие повышенной хрупкости. Встречается лишь вблизи коренного месторождения в виде неправильных осколков с неровным изломом. В редких случаях встречается в гексагональных пластинках. При дроблении дает неправильные зерна с неровным или слабо раковистым изломом.

О п р е д е л е н и е. Пирротин определяется по высокой магнитности (легкому притягиванию железной иглой), бронзовому цвету с томпаково-бурой и темной черноватой побежалостью. От других сильно магнитных минералов (магнетита, титано-магнетита, мартита и железа) отличается в свежем изломе бронзово-желтым цветом и присутствием серы. Присутствие серы устанавливается по запаху выделяемого сероводорода в момент растворения в соляной кислоте. При растворении в крепкой соляной кислоте раствор окрашивается в зеленовато-желтый цвет и происходит выделение пузырьков сероводорода. Наличие серы в пирротине устанавливается также путем растворения его зерен в азотной кислоте. При этом сульфидная сера окисляется в сульфатную и дает реакцию с $BaCl_2$ (см. «Химические методы» в гл. III).

Пирротин резко отличается от магнетита и железа в отраженном свете по розовато-кремовому цвету и анизотропности. В осколках пирротина очень сходен со многими сульфидами: пентландитом, халькопиритом и кубанитом. От первых двух он отличается высокой магнитностью (притягивается железной иглой), а от всех упомянутых сульфидов розовато-кремовым цветом в отраженном свете и способностью травиться КОН.

Кубанит $CuFe_2S_3$. Ромбической сингонии. Под микроскопом часто обнаруживается полисинтетическое двойниковое строение. Встречаясь среди халькопирита в виде параллельно расположенных пластинчатых включений, устанавливается только под микроскопом. Цвет кубанита чрезвычайно похож на бронзово-желтый цвет пирротина с легкой побежалостью медно-красного цвета. Непрозрачен. Сравнительно с халькопиритом в полированных шлифах под микроскопом кубанит, так же как и пирротин, обладает слабым розоватым оттенком. Блеск металлический. Порошок черный. Твердость 3,5. Уд. в. 4,03—4,94. Сильно магнитен. Явно анизотропен. Минерал очень редкий, в россыпях не встречается. При дроблении кубанит дает неправильные зерна с неровным изломом.

О п р е д е л е н и е. Макроскопически в зернах кубанит от пирротина и халькопирита не отличим. Как правило, наблюдает-

ся в тесном сростании с халькопиритом. В отраженном свете под микроскопом по цвету сходен с пирротинном, но твердость кубанита ниже, чем у пирротина, и в этом отношении кубанит почти одинаков с халькопиритом. Реактивами не травится, а от царской водки медленно вскипает, иризирует. От халькопирита кубанит отличается магнитным порошком. Проверяется химически на медь, железо и серу.

3. ОКИСЛЫ

Среди окислов сильно магнитными минералами являются магнетит и титано-магнетит.

Магнетит $FeFe_2O_4$. Кубической сингонии. Большею частью наблюдается в виде октаэдров (рис. 35), реже в виде ромбододекаэдров со штриховкой на гранях, параллельной длинной диагонали ромба. В виде куба кристаллы магнетита встречаются исключительно редко. Двойники по октаэдру. Иногда наблюдаются полисинтетические двойники, которые дают штриховку на гранях октаэдра и часто ложную спайность.

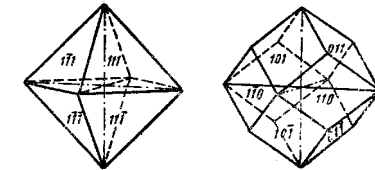


Рис. 35. Магнетит

Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 5,2. Блеск сильный металлический до матового полуметаллического. Цвет железно-черный. Порошок черный, у окисленного магнетита буровато-черный. Сильно магнитен. Непрозрачен.

Под микроскопом в отраженном свете серый, темнее гематита, но светлее сфалерита. Полировка гладкая, но ямчатая. Твердость высокая: стальной иглой не чертится. Изотропен. Хорошо травится соляной кислотой.

В россыпях сохраняется довольно хорошо и может быть перенесен на большие расстояния. Магнетит — один из распространенных минералов россыпей, часто составляет основную массу шлихов. В шлихах большей частью встречается в виде характерных черных октаэдров, реже в виде ромбододекаэдров со штрихованными гранями, а также в виде отшлифованных черных блестящих треугольных пластинок и зерен неправильной формы.

Наблюдается частичное замещение магнетита гематитом или лимонитом. При замещении магнетита гематитом зерна магнетита дают красновато-коричневый порошок, при замещении лимонитом магнетит приобретает буроватый цвет. Замещение магнетита гематитом ведет к образованию мартита. Может наблюдаться различная степень мартитизации магнетита — полная или частичная. При полной мартитизации магнитные свойства магнетита резко понижаются: зерна мартита притягиваются в этом

случае простым магнитом лишь при тесном соприкосновении с полюсами магнита.

Определение. В шлихе магнетит устанавливается очень легко по высокой магнитности (легкой увлекаемости иглой), октаэдрической форме кристаллов, черному непрозрачному порошку, высокой твердости, растворимости в крепкой соляной кислоте с окрашиванием раствора в буровато-желтый цвет.

По форме кристаллов магнетит сходен с титано-магнетитом, но отличается от него более высокой магнитностью (зерна притягиваются железной иглой на расстоянии), а также отсутствием титана. Под микроскопом проверяется в отраженном свете. В осколках магнетит сходен с ильменитом и гематитом, но отличается от них высокой магнитной проницаемостью, в отраженном свете серым цветом и способностью травиться соляной кислотой. Химически проверяется на железо.

Титано-магнетит представляет собой проращение магнетита $FeFe_2O_4$ ильменитом $FeTiO_3$. Кристаллографические формы и другие физические свойства те же, что и у магнетита. От чистого магнетита титано-магнетит отличается пониженной магнитностью: притягивается магнитом лишь при соприкосновении с полюсами магнита и не дает, как магнетит, цепочек, а лишь прилипает к полюсам. Проверяется оптически в полированных цементных шлифах. Срастание магнетита с ильменитом легко устанавливается по различной окраске их под микроскопом в отраженном свете: ильменит по сравнению с магнетитом буровато-серо-белый с розовым или сиреневым оттенком. Кроме того, они хорошо разделяются по результатам их травления парами соляной кислоты: магнетит травится и становится темным до черного с шероховатой изъеденной поверхностью, а ильменит остается целым и нетронутым в виде тонких до нитевидных полосок. Химически проверяется на железо и титан.

ГЛАВА V. МИНЕРАЛЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

В электромагнитную фракцию входят минералы, имеющие пониженную магнитную проницаемость по сравнению с минералами магнитной фракции: они притягиваются лишь электромагнитом. По степени магнитной проницаемости минералы электромагнитной фракции можно подразделить на три группы: сильно, средне и слабо магнитные (табл. 2). Степень магнитности минералов зависит от содержания в них железа.

Таблица 2
Подразделение минералов электромагнитной фракции по степени магнитности

Сильно магнитные	Средне магнитные	Слабо магнитные
Гематит	Сидерит	Перовскит
Ильменит	Темноокрашенные:	Пирролюзит
Лимонит	гранаты	Псилометан
Хромит	амфиболы	Монацит
Танталит—колумбит	пироксены	Сфен
Ферберит	турмалин	Ксенотим
Вольфрамит	Ставролит	Шпинель
	Гельвин	Гюбнерит
	Оливин	Астрофиллит
	Ортит	Лампрофиллит
	Эпидот	Ярозит
		Слабо окрашенные силикаты
		Пирохлор

Минералы каждой группы перечислены по степени понижения их магнитности. Минералы сильно магнитной группы характеризуются большим содержанием железа. В минералах средне магнитной группы железо содержится в меньшем, но все же

значительном, количестве, изоморфно замещая другие элементы, за исключением сидерита и ставролита. В минералах слабо магнитной группы железо содержится в незначительном количестве. Магнитные свойства некоторых из минералов этой группы обуславливаются другими элементами — редкими землями, марганцем.

Минералы первой группы представлены кислородными соединениями железа и характеризуются черным цветом, непрозрачностью и высоким удельным весом (5—7). Минералы второй группы представляют собой большей частью породообразующие окрашенные прозрачные силикаты с удельным весом меньше 4. Минералы третьей группы очень разнообразны по химическому составу и, за исключением пиролюзита и псиломелана, прозрачны.

Электромагнитная фракция часто бывает загрязнена немагнитными минералами с примазками гидроокислов железа, а также окисленными содержащими железо сульфидами.

Электромагнитная фракция представлена следующими минеральными группами (табл. 3).

Таблица 3

Минеральные группы электромагнитной фракции

Окислы	Гидро-окислы	Силикаты	Титано-силикаты, титанаты и тантало-ниобаты	Карбонаты	Сульфаты	Фосфаты и вольфраматы
Гематит Ильменит Пиролюзит Хромит Шпинель	Лимонит Псиломелан	Амфиболы Гельвин Гранаты Оливин Ортит Пироксены Ставролит Турмалин Эпидот	Астрофиллит Лампрофиллит Сфен Перовскит Колумбит — танталит Пирохлор	Сидерит	Ярозит	Ксенотим Монацит Вольфрамит Гюбнерит Ферберит

Ниже описываются минералы электромагнитной фракции по группам.

1. ОКИСЛЫ

Окислы электромагнитной фракции представлены следующими минералами: гематитом, ильменитом, пиролюзитом, хромитом и шпинелью.

Гематит Fe_2O_3 . Встречается в кристаллическом и землистом виде. Кристаллы тригональной сингонии, часто толсто- или тонкопластинчатые по базопинакоиду (рис. 36) или ромбоэдрического габитуса. Наблюдается и в тонкочешуйчатых образованиях, собранных в параллельном положении в розетки. Характерна штриховка граней базопинакоида, параллельная граням ромбоэдра. Спайность отсутствует, но бывает отдельность по ромбоэдру и базопинакоиду вследствие полисинтетического двойникования. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 4,9—5,3. Излом неровный полураковистый. Цвет у кристаллических разновидностей железно-черный до темного стально-серого. У плотных и землистых разновидностей цвет буровато-красный. Черта и порошок вишнево-красного цвета до красновато-бурого. Непрозрачен. В тонких чешуйках и пластинках под бинокляром (лучше под микроскопом) просвечивает темнокрасным цветом. Блеск сильный, металлический, придающий минералу стально-серый оттенок. В землистых разновидностях тусклый.

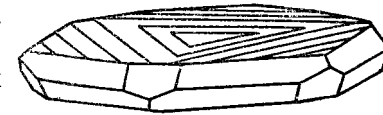


Рис. 36. Гематит

Под микроскопом в отраженном свете гематит имеет серовато-белый цвет, светлее всех окислов железа и марганца. Твердость высокая: стальной иглой не чертится. При сильном косом свете наблюдаются внутренние рефлексии кроваво-красного цвета. Анизотропен. Реактивами не травится.

В шлихах гематит встречается довольно часто в виде таблитчатых со скошенными гранями зерен или удлиненных пластинок и чешуек, а также в виде окатанных неправильных зерен. Иногда в шлихах сохраняется в виде кристаллов с ясно развитыми гранями пинакоида (0001) и слабо развитыми гранями ромбоэдра. В этом случае кристаллы гематита имеют вид шестиугольных пластинок, скошенных по краям. Часто гематит в шлихах лимонитизирован и имеет желто-бурые пленки. При дроблении гематит может давать осколки по ромбоэдрической или пинакоидальной отдельности, но чаще наблюдаются зерна с неровным изломом.

Определение. В шлихах под бинокляром гематит устанавливается по характерной форме шестиугольных пластинок со скошенными гранями и с пересекающейся штриховкой на базопинакоиде, сильному металлическому блеску со стальным или синим оттенком, вишнево-красному или красно-бурому непрозрачному порошку и просвечиванию под микроскопом кроваво-красным цветом в тонких осколках или в краях свежесдробленных зерен. В дробленном материале пластинчатая разность гематита узнается по удлиненным пластинкам стально-серого цвета. Для гематита характерно слабое растворение в крепкой соляной кислоте с окрашиванием раствора в буровато-желтый

цвет. Проверяется в отраженном свете и химически на железо (см. «Химические методы» в гл. III). Перед паяльной трубкой не плавится, но в восстановительном пламени чернеет и становится сильно магнитным (притягивается простым магнитом).

Гематит по форме кристаллов (шестиугольные скошенные пластинки) похож на ильменит, но отличается от него цветом порошка, просвечиванием под микроскопом в тонких осколках красным цветом и отрицательной реакцией на титан. Гематит можно спутать в осколках с другими черными рудными минералами: вольфрамитом, хромитом, псиломеланом. Но от вольфрамита гематит отличается отсутствием вольфрама, от хромита — окрашенным в вишнево-бурый цвет порошком и отрицательной реакцией на хром, от псиломелана — окрашенным порошком и отрицательной реакцией на марганец.

Ильменит $FeTiO_3$. Кристаллы редки. В большинстве случаев встречается в виде угловатых неправильных зерен. Тригональной сингонии. Габитус кристаллов толстотаблитчатый, пластинчатый,

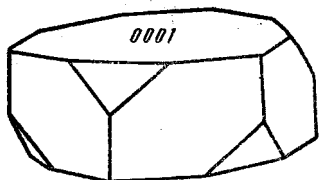


Рис. 37. Ильменит

реже остроромбоэдрический. Формы: пинакоид (0001) и различные ромбоэдры (рис. 37). Полисинтетические двойники по ромбоэдру образуют пересекающуюся штриховатость на базопинакоиде по трем направлениям. Спайность весьма несовершенная. Твердость 5—6. Уд. вес 5. Излом раковистый до неровного. Цвет железно-черный или стально-серый. Черта и

порошок черные, реже, вследствие частичной лейкоксенизации, сопровождаемой окислением железа, коричневатые. Блеск полуметаллический до сильно металлического. Непрозрачен.

Под микроскопом в отраженном свете буровато-серый. По сравнению с магнетитом имеет более розовый оттенок. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Анизотропен. Реактивы не действуют.

Ильменит, разрушаясь, дает лейкоксен, иногда замещается им полностью. Минерал распространенный, в россыпях устойчивый. В шлихах ильменит обычно наблюдается в виде неправильных округлых зерен с металловидным блеском, иногда сохраняются кристаллы в виде шестиугольных пластинок со скошенными краями, с хорошо развитыми гранями базопинакоида и менее развитыми гранями ромбоэдра. Габитус кристаллов ильменита похож на габитус кристаллов гематита. В дробленной руде ильменит обычно наблюдается в виде зерен неправильной формы с неровным раковистым изломом. Редко при дроблении получают зерна пластинчатой формы.

Определение. Под бинокляром ильменит определяется по характерному таблитчатому габитусу шестиугольных скошенных пластинок, черному цвету, тусклому металлическому блеску,

черному порошку и нерастворимости в кислотах. Лишь при нагревании в крепкой серной кислоте порошок ильменита слабо растворяется. Ильменит с трудом сплавляется с содой, сплавление легче происходит при прибавлении KNO_3 . Содовый сплав окрашивается в голубовато-зеленый цвет от присутствия примеси марганца. Сплавление с кислым серноокислым калием происходит быстрее, чем с содой. Химически проверяется на железо и титан (см. «Химические методы» в гл. III). Реакцию на титан лучше производить с перекисью водорода. Оптически проверяется в отраженном свете.

Ильменит в неправильных зернах можно спутать с рядом рудных непрозрачных черных минералов: гематитом, вольфрамитом, танталитом и др. От гематита ильменит отличается черным порошком и реакцией на титан, от вольфрамита — отсутствием совершенной спайности, положительной реакцией на титан и отсутствием вольфрама. Труднее ильменит отличить от танталита: первый дает иногда коричневатый порошок, но с трудом сплавляется с содой, второй, наоборот, сплавляется с содой быстрее и полностью. От перовскита ильменит отличается черным непрозрачным порошком, анизотропностью в отраженном свете и отсутствием кальция.

Пирролизит MnO_2 . Ромбической сингонии. Обычно встречается в землистых или плотных скрытокристаллических массах, реже в радиальнолучистых и оолитовых агрегатах или натечных корочках. Твердость 2—2,5 у мягких, до 5,5 у плотных разновидностей. Мягкий, легко мажет руки. Уд. вес 4,73—4,86. Блеск металлический до матового. Цвет железно-черный, темный стально-серый, иногда синеватый. Порошок черный или синевадно-черный. Непрозрачен.

Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый с буроватым или кремовым оттенком по сравнению с псиломеланом. Призматическая разность анизотропна. Полируется плохо: дает ямчатую поверхность. Колломорфный, оолитовый, реже призматический. Кислотами не травится. При действии перекиси водорода вскипает.

Минерал неустойчивый и в россыпях встречается редко, обычно в виде окатанных зерен неправильной формы, в корочках и в землистых или натечных колломорфных массах. Нередко пирролизит образует псевдоморфозы по манганиту. В дробленной руде землистый или в виде плотных угловатых обломков с неровным изломом, черного цвета с синевадным или стальным оттенком.

Определение. Пирролизит в шлихах устанавливается по внешнему виду (зерна натечной формы или комковатые землистые массы черного цвета с синевадно-стальным оттенком), черному, сажистому порошку, характерному растворению в концентрированной соляной кислоте с зеленовато-черно-буром окрашиванием раствора. При растворении в азотной кислоте и прибав-

лении висмутата натрия NaBiO_3 раствор получает окраску розовую до пурпурной. Характерны окрашенное фиолетовое стекло буры в окислительном пламени и непрозрачный зеленый или голубой сплав при сплавлении с содой. Для химической проверки можно пользоваться также другими реакциями на марганец (см. «Химические методы» в гл. III).

Хромит — минерал из группы шпинели состава FeCr_2O_4 . При частичном замещении в нем железа магнием и хрома алюминием образуются хромшпинелиды, по внешнему виду не отличимые от хромита. Кубической сингонии. Кристаллы октаэдрической формы. Обычно наблюдается в плотных тонкозернистых агрегатах. Спайность весьма несовершенная по октаэдру (111). Хрупкий. Твердость 6,5. Уд. вес 4,0—4,9. Блеск полуметаллический до металлического. Цвет черный, коричнево-черный. В очень тонких осколках желтовато-красный или бурый. Порошок коричневый.

Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый со слабым коричневым оттенком, более серый, чем магнетит, сфалерит и ильменит. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Полировка гладкая, но ямчатая. Изотропен. В косом свете коричнево-красные внутренние рефлексы. Кислоты не действуют.

В шлихах встречается в виде округлых октаэдрических зерен или округло-угловатых и неправильных обломков, часто в форме октаэдров, на гладких гранях которых иногда наблюдаются пустоты.

В россыпях хромит сохраняется хорошо и может быть перенесен на большие расстояния от коренного месторождения. Устойчив в природе, вторичными продуктами не замещается. При дроблении хромит дает зерна неправильной угловатой формы с неровным изломом.

О п р е д е л е н и е. Под биноклем хромит определяется по характерной октаэдрической форме, ямчато-гладким блестящим граням, черному цвету, металлическому блеску, высокой твердости, коричневому порошку, просвечиванию под микроскопом в тонких осколках желтовато-красным или бурым цветом и нерастворимости в кислотах. Проверяется химически на хром и железо и под микроскопом в отраженном и в проходящем свете. Перед паяльной трубкой не плавится. При сплавлении с бурой или фосфорной солью хромит дает в горячем состоянии желтый перл, в холодном — изумрудно-зеленый. С содой сплавляется с трудом, легче — с перекисью натрия, при растворении сплава в воде дает желтую окраску. Другие реакции на хром см. в гл. III («Химические методы»).

По кристаллографической форме хромит можно спутать с магнетитом, титано-магнетитом и шпинелями. Но от магнетита хромит отличается более низкой магнитной проницаемостью, коричневым порошком, просвечиванием в тонких осколках и нерастворимостью в кислотах. От других хромшпинелидов хромит можно

отличить лишь при помощи химического анализа. От темноокрашенных шпинелей он отличается непрозрачностью, его можно отличить, кроме того, при помощи химического анализа. От других темноокрашенных черных минералов — ильменита и гематита отличается коричневым порошком, более высокой твердостью, нерастворимостью в кислотах и в отраженном свете более темным серовато-белым цветом с коричневатым оттенком и изотропностью.

Шпинель MgAl_2O_4 . Магний может частично замещаться двухвалентным железом или марганцем, а алюминий — трехвалентным железом или хромом, в результате чего образуются различно окрашенные шпинелиды. Кубической сингонии. Обычная форма — октаэдр (рис. 38). Двойники по шпинелевому закону — по грани октаэдра. Спайность по (111) несовершенная. Излом раковистый. Твердость 8. Уд. вес 3,5—4,1. Блеск стеклянный до матового. Цвет различный в зависимости от изоморфных примесей: зеленый, синий, красный, коричневый. Иногда шпинель бесцветна. Зеленый цвет чаще обусловлен примесью железа. Порошок бесцветный или белый. Изотропна. Прозрачна. $N = 1,71$ —1,80 и выше в зависимости от состава. Устойчива и в россыпях сохраняет октаэдрический облик или наблюдается в виде округлых изометричных зерен, а также в виде осколков неправильной формы с неровным изломом.

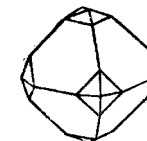


Рис. 38.
Шпинель

О п р е д е л е н и е. В шлихах шпинель обычно устанавливается по октаэдрической форме кристаллов и высокой твердости: ее зерна с трудом дробятся при нажиме стеклянной палочкой. Проверяется оптическим путем в иммерсионных жидкостях по изотропности и показателю преломления. Химически проверяется по нерастворимости в кислотах, характеру сплавления с фосфорной солью и реакциям на магний и алюминий.

В осколках шпинель сходна с гранатом, андалузитом и бериллом по высокой твердости. По показателям преломления также не всегда можно отличить ее от граната. В этом случае прибегают к сплавлению с фосфорной солью: гранат дает скелет кремнекислоты, шпинель не дает. От андалузита и берилла шпинель отличается изотропностью и более высокими показателями преломления.

В исключительных случаях шпинель по октаэдрической форме можно спутать с флюоритом, но октаэдрическая форма для флюорита не характерна. Шпинель от флюорита легко отличима по более высокой твердости, а под микроскопом в иммерсионных жидкостях — по гораздо большему показателю преломления.

По форме кристаллов шпинель очень сходна с хромшпинелидами, но отличается от них большей степенью прозрачности и более низкими показателями преломления.

2. ГИДРООКСИЛЫ

В данную группу входят гидроокислы железа и марганца. Из гидроокислов железа наиболее распространен в коренных месторождениях и в россыпях лимонит¹.

Лимонит — с прилизительным составом $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Скрытокристаллический, коллоидальный. Обычно наблюдается в землястых, натечных, почковидных, оолитовых и плотных массах. Твердость 5—5,5. Уд. вес 3,6—4,0. Излом раковистый, землистый. Блеск полуметаллический, матовый. Цвет на поверхности излома различных оттенков: темнорусый до черного или желторусый до охряно-желтого. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете светлосерый с голубым оттенком. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Изотропен. Русые и желторусые внутренние рефлексы. Полировка ровная или ямчатая. Кислотами не травится.

В шлихах встречается очень часто. Обычно наблюдается в виде окатанных неправильных зерен или в натечных образованиях. Довольно часто наблюдаются псевдоморфозы лимонита по пириту, магнетиту и гематиту.

О п р е д е л е н и е. Плотные разности лимонита определяются под бинокляром по желтовато- или красновато-бурому цвету, высокой твердости, буровато-желтому порошку и легкой растворимости в крепкой соляной кислоте с характерным буровато-желтым окрашиванием. Оптически проверяется в отраженном свете по голубовато-серому цвету, отличающему его от гематита и других окислов железа, высокой твердости и отрицательному отношению к кислотам. Химически проверяется на железо. В закрытой трубке дает много воды.

Псиломелан-вад имеет непостоянный сложный химический состав: кроме MnO_2 , Mn_2O_3 , H_2O , он содержит Al_2O_3 , Fe_2O_3 , BaO , K_2O и другие окислы. Обычно образует натечные или землястые сплошные массы. Встречаются также дендриты и корочки. Твердость 4—6. Уд. вес 3,3—4,7. Цвет серовато-черный до железно-черного и буровато-черный до печеночно-бурого. Порошок буровато-черный до черного, иногда блестящий. Минерал матовый. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете сероватобелый. Изотропен. Слабо травится кислотами. Плохо полируется. Часто имеет колломорфную структуру. В шлихах встречается редко, так как землястые агрегаты в россыпях не сохраняются. В дробленой руде встречается в виде неправильных комковатых землястых или плотных скоплений.

О п р е д е л е н и е. Под бинокляром псиломелан-вад определяется по натечным или землястым скоплениям, железно-черному

¹ Лимонит как самостоятельный минеральный вид указанного состава многими исследователями подвергается сомнению. Правильнее было бы при анализе шлихов лимонитом называть все гидроокислы железа, приписывая ему состав $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

цвету в зернах, черному сажистому или буровато-черному порошку и характерному поведению при растворении в соляной кислоте с окрашиванием раствора в зеленовато-черно-бурый цвет. При сплавлении с содой получается сплав, имеющий неравномерную зеленую окраску¹. В осколках псиломелан-вад очень сходен с пиролюзитом, от которого отличается лишь в отраженном свете по серовато-белому цвету (отличному от кремоватого оттенка пиролюзита). Проверяется химически на марганец и воду.

3. СИЛИКАТЫ

В состав данной группы входят главным образом прозрачные окрашенные минералы — железо- и магнийсодержащие силикаты и алюмосиликаты: пироксены, амфиболы, гранаты, эпидот, оливин, турмалин, ставролит. Для них характерны: пониженная магнитная проницаемость по сравнению с черными непрозрачными окислами железа (гематитом, ильменитом и др.); прозрачность, ясно наблюдаемая в тонких осколках и мелких кристаллах под бинокляром и микроскопом; высокая твердость.

Силикаты определяются главным образом по оптическим свойствам иммерсионным методом. В отраженном свете они светлосерые, чуть светлее кварца. Химические реакции применяются в редких случаях. В кислотах и щелочах они не растворимы, поэтому предварительно сплавляются с содой. При сплавлении с фосфорной солью получается скелет кремневой кислоты. Удельный вес описываемых ниже силикатов колеблется от 3 до 4: в бромформе они тонут, в расплаве азотнокислой закиси ртути всплывают.

Амфиболы — представляют в химическом отношении двойные соли метакремневой кислоты с общей формулой $(\text{OH})_2\text{R}_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$, где $\text{R} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{++}$, реже Mn^{++} . Кроме того, в их состав иногда входят трехвалентные элементы (Fe^{+++} и Al^{+++}). По химическому составу амфиболы очень близки к пироксенам.

Амфиболы кристаллизуются преимущественно в моноклинной сингонии, очень немногие их представители — в ромбической и триклинной сингониях (рис. 39).

Группа амфиболов очень разнообразна по составу входящих в нее минералов. В связи с присутствием в их составе железа, они большей частью окрашены и наблюдаются чаще в электромагнитной фракции. Из окрашенных амфиболов наибольшее распространение имеют моноклинные амфиболы: обыкновенная роговая обманка $(\text{OH})_2(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{++}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2$, реже актинолит (лучистый камень) $(\text{OH})_2\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{++})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$.

Для амфиболов характерны призматические кристаллы с заметно развитыми гранями ромбической призмы и слабее разви-

¹ Для быстрого окисления марганца к соде следует добавлять селитру.

тыми пинакоидальными гранями. Кристаллы обычно оканчиваются тупой вершиной. Амфиболы встречаются и в виде тонкопризматических до игольчатых кристаллов, менее обычны столбчатые и таблитчатые кристаллы. Двойники большей частью простые, реже полисинтетические. Двойниковая плоскость (100). Спайность по (110) весьма совершенная, по (100) и (010) иногда ясная. В поперечном сечении хорошо выражена пересекающаяся призматическая спайность под углом 56° . Излом неровный до неяснораковистого. Хрупкие. Твердость 5—6.

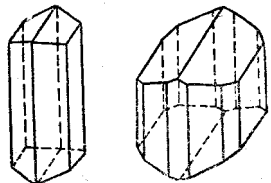


Рис. 39. Амфиболы

Удельный вес обыкновенной роговой обманки 3,1—3,4 и актинолита 3—3,2. Блеск на плоскостях спайности стеклянный. Цвет обыкновенной роговой обманки темнозеленый до черного, актинолита светлозеленый разных оттенков. Порошок у обыкновенной роговой обманки зеленовато-серый, у актинолита зеленовато-белый. Плеохроизм у обыкновенной роговой обманки от темно- и бледнозеленого или бурого до желтого. У актинолита плеохроизм наблюдается в слабых зеленых и желтых тонах. Схема абсорбции: $N_g > N_m > N_p$. Минералы оптически отрицательные. Плоскость оптических осей (010). Угол N_g с [001] колеблется от 10° до 20° на (010). Положительное удлинение. У обыкновенной роговой обманки: $N_p = 1,621—1,698$; $N_m = 1,627—1,719$; $N_g = 1,642—1,724$; у актинолита показатели преломления значительно ниже: $N_p = 1,614$; $N_m = 1,630$; $N_g = 1,643$. $2V$ большой (близок к 90°).

Амфиболы часто встречаются в россыпях в виде пластинок с ясно выраженной спайностью по удлинению, реже в виде угловатых и полуокатанных зерен неправильной формы. При дроблении амфиболы раскалываются на удлинено-шестоватые или пластинчатые осколки по направлению совершенной спайности.

Определение. Обыкновенная роговая обманка определяется по удлинено-призматическим или шестоватым кристаллам, темнозеленому или черному цвету, стеклянному блеску, способности раскалываться по совершенной спайности на тонкие прозрачные зеленые пластиночки или иголки, зеленовато-серому порошку, высокой твердости. Проверяется по заметному плеохроизму, положительному удлинению, по удлинненным пластинкам с углом угасания $15—18^\circ$. Актинолит от обыкновенной роговой обманки отличается более светлой зеленой окраской и низкими показателями преломления. Щелочные амфиболы (арфведсонит, рибекит, глаукофан) тоже темнозеленые, но отличаются от обыкновенной роговой обманки плеохроизмом от синеватых до зеленых тонов, обратной схемой, абсорбции, показателями преломления и голубовато-серым цветом порошка.

По составу и кристаллографическим формам амфиболы сходны с пироксенами, но последние, в отличие от амфиболов, в рос-

сыпях чаще встречаются в виде окатанных зерен и при дроблении дают в основном осколки неправильной формы с неровным изломом (тогда как амфиболы дают удлинённые осколки по спайности). Амфиболы от пироксенов отличаются и по углу спайности. Пересекающуюся спайность у амфиболов и пироксенов можно наблюдать лишь в цементных шлифах.

В мелких кристаллах темноокрашенные амфиболы можно спутать с турмалином, но они отличаются от него оптическими свойствами: двуосной фигурой, совершенной спайностью, способностью раскалываться на пластинки. В неправильных осколках за черные амфиболы может быть принята черная цинковая обманка, от которой они легко отличаются в иммерсионных препаратах анизотропностью и более низкими показателями преломления.

Гельвин $3(\text{Mn, Fe})\text{BeSiO}_4 \cdot \text{MnS}$. Кубической сингонии. Обычно в виде кристаллов тетраэдрической формы, а также в шарообразных массах. Слабая спайность по тетраэдру. Излом от неровного до раковистого. Хрупкий. Твердость 6—6,5. Уд. вес 3,16—3,26. Блеск стеклянный до жирного. Цвет медово-желтый до желто-бурого, зеленоватый и красно-бурый. Порошок белый. Прозрачен. Изотропен. $N = 1,739$.

Гельвин — редкий минерал из скарновых пород. В россыпях он встречается очень редко, причем в виде окатанных неправильно изометричных зерен. Иногда на зернах гельвина наблюдаются синевато-черные налеты окислов марганца. При дроблении он дает зерна неправильной формы с неровным слабо раковистым изломом.

Определение. Гельвин определяется по тетраэдрической или шарообразной форме кристаллов, медово-желтому или бурому цвету, жирновато-стеклянному блеску, высокой твердости. Проверяется в иммерсионных жидкостях по изотропности и высокому показателю преломления. Химически проверяется на бериллий, марганец, серу, железо и кремнекислоту. Растворяется в соляной кислоте с выделением H_2S .

В осколках гельвин сходен с желтоокрашенными гранатами, пироксенами, везувианом, монацитом и сфеном. Труднее гельвин отличить от граната, так как тот и другой изотропны и имеют близкие показатели преломления, и в иммерсионных препаратах их различить поэтому трудно. Гельвин легко отличается от граната химическим путем реакцией на серную печень. От остальных анизотропных минералов гельвин отличается в иммерсионных препаратах изотропностью и показателями преломления.

Гранаты представляют обширную изоморфную группу ортосиликатов трехвалентных и двухвалентных металлов с общей формулой $\text{R}_3\text{R}_2(\text{SiO}_4)_3$. Кубической сингонии. Габитус кристаллов изометрический. Чрезвычайно характерна форма ромбододекаэдра (110), реже тетрагон-триоктаэдра (211) (рис. 40). Часто гранаты встречаются в виде неправильных включений или в сплошных образованиях. Спайность отсутствует, но имеется

довольно ясная отдельность по (110). Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкие, иногда рассыпчатые. Твердость 6,5—7,5. Уд. вес 3,15—4,3 в зависимости от химического состава. Блеск стеклянный. Цвет красный, бурый, зеленый, желтый, реже белый и черный. Прозрачны. Изотропны. Показатели преломления довольно высокие: от 1,705 до 1,895 в зависимости от состава.

Гранаты подразделяются на алюминий-, железо-, хром- и титансодержащие. Ниже приведены наиболее распространенные минералы каждой из этих подгрупп.

Алюминийсодержащие гранаты: гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ — желтоватый или зеленый, $N = 1,735$; пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ — красный до черного, $N = 1,705—1,749$; альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ — красный, $N = 1,766—1,830$; спессартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ — темно-красный, $N = 1,791—1,814$.

Железосодержащие гранаты: андрацит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$ — темно-красный, $N = 1,865—1,895$.

Хромсодержащие гранаты: уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ — изумрудно-зеленый, $N = 1,838$.

Титансодержащие гранаты: шорломит $\text{Ca}_3(\text{Fe}, \text{Ti})_2(\text{SiO}_4)_3$ — черный, $N = 1,9—2,0$.

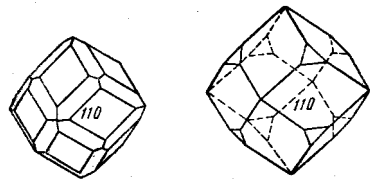


Рис. 40. Гранат

Гранаты устойчивы и в россыпях сохраняют кристаллографические формы ромбододекаэдров, тетрагон-триоктаэдров и сорокавосьмигранников. Часто гранаты наблюдаются и в виде окатанных зерен неправильной и реже изометричной формы. При дроблении гранаты дают неправильные зерна

со стеклянным блеском и с неровным слабо раковистым изломом.

О п р е д е л е н и е. Гранаты определяются по кристаллографическим формам, высокой твердости (чертят стекло и раскалываются с большим усилием), стеклянному блеску, прозрачности, розовой, красной, реже зеленой окраске и неровному излому. Проверяются в иммерсионных препаратах по изотропности и показателям преломления. Химическим путем гранаты исследуются редко; в кислотах они не растворяются и в растворимое состояние переводятся путем сплавления с содой или разложения в плавиковой кислоте. При сплавлении с бурой гранаты дают скелет кремневой кислоты.

Альмандин и андрацит по окраске сходны, но альмандин отличается от андрацита химическими свойствами, более низким показателем преломления и желтоватым оттенком окраски. По темнокрасной окраске сходны между собой пироп и спессартин, но пироп отличается более низким показателем преломления (около 1,705) и может быть определен в иммерсионных жидкостях, а показатель преломления спессартина значительно выше

(1,800) и определяется в сплавах. По показателю преломления спессартин стоит ближе к альмандину и андрациту. Спессартин, альмандин и андрацит можно различить лишь химическим путем.

Из зеленых гранатов иногда сходны по цвету гроссуляр и уваровит, но они легко различаются по показателям преломления: гроссуляр имеет более низкий показатель преломления, чем уваровит. В осколках неправильной формы зеленые гранаты можно смешать с зелеными шпинелями и зелеными пироксенами. От шпинелей зеленые гранаты отличаются повышенными показателями преломления и присутствием кремневой кислоты; в составе шпинелей обычно присутствуют магний и алюминий и отсутствует кремний. От пироксенов гранаты легко отличаются в иммерсионных препаратах по изотропности и более высоким показателям преломления. Розовый альмандин в осколках сходен с розовым андалузитом. Альмандин легко отличается от андалузита по изотропности и более высокому показателю преломления. Буровато-красные разновидности альмандина или андрацита в осколках сходны со ставролитом, но легко отличаются от него по изотропности и более высоким показателям преломления.

Черный шорломит в осколках сходен с черными прозрачными редкоземельными и титанистыми минералами: перовскитом, браннеритом и многими другими. От перовскита шорломит отличается стеклянным блеском, более низкими показателями преломления, присутствием кремния и отсутствием редких земель. От браннерита шорломит отличается более низкими показателями преломления, присутствием кремния и отсутствием тория и других редких металлов.

Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$. Ортосиликат магния и железа. Магний и железо изоморфно замещают друг друга, вследствие чего состав и свойства минерала изменяются в широких пределах — от сравнительно редкого чисто магниального форстерита Mg_2SiO_4 до железистого фаялита Fe_2SiO_4 . Ромбической сингонии. Кристаллы таблитчатые, призматические, сплюснутые по пинакoidу (100) или (010), реже вытянутые по третьей кристаллографической оси. Спайность по (010) довольно ясная, по (100) менее ясная. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 6,5—7,7. Уд. вес 3,27—3,37. Блеск стеклянный. Цвет зеленый, оливково-зеленый, иногда буроватый, сероватый или красноватый при окислении железа. Порошок белый. Прозрачен. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (001); $N_g \perp (100)$. Показатели преломления: $N_p = 1,635—1,655$; $N_m = 1,65—1,67$; $N_g = 1,67—1,69$.

В шлихах обычно встречается в виде окатанных зерен неправильной или овальной формы, реже в виде окатанных пинакoidalных табличек с острыми концевыми пирамидальными гранями (101). Таблички оливина часто испещрены неровными трещинками, выполненными вторичными продуктами выветривания — серпентином и хлоритом. При дроблении оливин дает зер-

на неправильной формы, реже пластинчатые осколки по спайности (010) с сечением по $Nm-Ng$, с высокими цветами интерференции.

Определение. В шлихах оливин определяется по окатанной овальной или пластинчатой форме зерен, оливково-зеленому цвету, стеклянному блеску, прозрачности, высокой твердости, нерастворимости в кислотах. Под микроскопом определяется в иммерсионных препаратах по высокому двупреломлению, большому $2V$, плохо выраженной спайности и показателям преломления. Химически оливин проверяется, в случае надобности, на магний, железо и кремний.

В осколках оливин можно спутать с слабо окрашенными пироксенами и эпидотами. В иммерсионных препаратах оливин от пироксенов отличается по большему $2V$ и плохой спайности, а также по несколько большему двупреломлению.

Оливин легче отличить от пироксенов в цементных шлифах. В этом случае у пироксенов наблюдается резко выраженная спайность, пересекающаяся под углом 88° , оливин же дает зерна с прерывистой спайностью и чаще сечется беспорядочно ориентированными трещинками, по которым развивается серпентин или хлорит. От эпидота оливин отличается более низкими показателями преломления и более высоким двупреломлением.

Крайними членами оливиновой группы являются форстерит и фаялит. Фаялит — бледного зеленовато-желтого цвета, на воздухе окисляется и приобретает бурую или черную пленку окислов железа. От оливина фаялит отличается оптически отрицательной фигурой и высокими показателями преломления: $Np = 1,835$; $Nm = 1,877$; $Ng = 1,886$. Форстерит — минерал немагнитный и имеет более низкие показатели преломления, чем оливин.

Ортит $Ca_2(Al, Fe)_2(OH)O_2[AlSi_3O_9]$. Минерал из группы эпидота, содержащий редкие земли. Моноклинной сингонии. По углам между тремя гранями близок к эпидоту (рис. 41). Кристаллы часто таблитчатые по (100), а также длинные и тонкие игольчатые с удлинением параллельно оси [010]. Встречается также в виде сплошных зернистых включений. Спайность слабая, по (100) и (001). Излом неровный до неяснораковистого. Хрупкий. Твердость 5,5—6. Уд. вес 3,0—4,2. Блеск полуметаллический, смолистый. Цвет бурый до черного. В мелких осколках полупросвечивает. Под микроскопом прозрачен. Оптически отрицательный. Сильный плеохроизм: по Ng — буровато-желтый, по Nm — красновато-бурый, по Np — зеленовато-бурый. Плоскость оптических осей (010). $Nm = [010]$. Угол Np с [001] равен $32,5^\circ$. $2V$ большой. $N = 1,64—1,74$. Двупреломление различное (от сильного до слабого). Ортит легко изменяется и иногда становится изотропным.

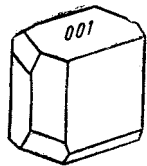


Рис. 41.
Ортит

В россыпях сохраняются таблитчатые кристаллы со скошенными гранями. При дроблении ортит образует зерна неправильной угловатой формы с неровным изломом, смоляно-черного цвета, с полуметаллическим блеском, просвечивающие в краях красновато-бурым или зеленовато-бурым цветом.

Определение. Ортит определяется по таблитчатым кристаллам, уплощенным по (100), со скошенными гранями второго пинакоида, черному цвету, полуметаллическому или смоляному блеску. Проверяется в иммерсионных препаратах и химически на кальций, церий, алюминий, воду и кремневую кислоту.

В осколках ортит сходен с темноокрашенными пироксенами — энстатитом и бронзитом, но отличается от них отсутствием спайности, более высокими показателями преломления и яркими цветами интерференции (если не изменен). В осколках ортит отчасти сходен также с черными прозрачными титанатами — перовскитом и браннеритом, но ортит имеет более низкие показатели преломления, у перовскита и браннерита показатели преломления выше, чем у крайней жидкости набора. Отсутствие спайности у ортита устанавливается в цементных шлифах главным образом для того, чтобы отличить его от пироксенов. Для химических реакций ортит надо сплавлять с содой или другими плавнями, так как в кислотах он не растворяется.

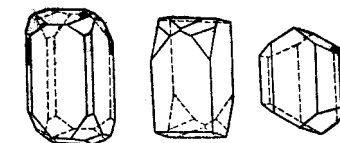


Рис. 42. Пироксены

Пироксены — большей частью метасиликаты типа $RSiO_3$, где $R = Ca, Mg, Fe$, реже Mn и Zn . Сюда же относятся двойные соли метакремневой кислоты типа $R^{++}R^{+++}(SiO_3)_2$, реже типа $R^{++}R^{+++}(SiO_3)_2$ и содержащие щелочные металлы Na, K . Пироксены, так же как и амфиболы, кристаллизуются в трех сингониях: моноклинной, ромбической и триклинной. Большее распространение имеют моноклинные и ромбические пироксены (рис. 42).

Из моноклинных пироксенов следует остановиться на описании энстатита, диопсида и эгирина. Энстатит $Mg_2(SiO_3)_2$ — магнезиальный, диопсид $CaMg(SiO_3)_2$ — известково-магнезиальный, эгирин $NaFe^{+++}(SiO_3)_2$ — щелочной пироксен. У диопсида и энстатита форма кристаллов призматическая короткостолбчатая по [001]. Диопсид имеет белый, желтоватый до бледнозеленого цвет, а энстатит чаще зеленый, реже желтоватый или сероватый. Порошок у того и другого белый. Для эгирина характерна длиннопризматическая форма кристаллов с вертикальной штриховкой или бороздами. Кроме того, эгирин отличается от диопсида и энстатита темнозеленой до черной окраской. Для всех пироксенов характерна призматическая спайность по (110), довольно совершенная, но хуже выраженная, чем у амфиболов. Излом

неровный до раковистого. Твердость 5—6. Уд. в. 3,2—3,6. Блеск стеклянный. Угол между гранями призмы около 88°. Диопсид и энстатит оптически положительные, а эгирин отрицательный. Плоскость оптических осей у моноклинных пироксенов ориентирована по (010), а Nm совпадает с [010]. Но угол Ng с третьей кристаллографической осью изменчив: у диопсида 36°, у эгирина 85°, у энстатита Ng совпадает с [001]. Под микроскопом диопсид и энстатит бесцветны. В противоположность диопсиду и энстатиту, эгирин обладает резким плеохроизмом: по Nm — зелено-зеленый и по Ng — зеленовато-желтый. Кроме того, эгирин отличается от диопсида и энстатита более высокими показателями преломления. У диопсида: $Np = 1,664—1,675$; $Nm = 1,671—1,685$; $Ng = 1,694—1,707$; у энстатита: показатели преломления еще ниже, чем у диопсида: $Np = 1,650—1,665$; $Nm = 1,653—1,669$; $Ng = 1,658—1,674$; а у эгирина: $Np = 1,776$; $Nm = 1,819$; $Ng = 1,836$.

Показатели преломления большинства минералов из группы пироксенов, как и амфиболов, эпидота и многих других минералов переменного состава, изменяются в довольно широких пределах в зависимости от соотношения железа, магния и других металлов, изоморфно замещающихся между собой. Кроме того, следует указать, что пироксенам особенно свойственна склонность к образованию изоморфных смесей. Так, известны изоморфные смеси диопсид — геденбергит или диопсид — клиноэнстатит, где имеются все переходы между чистыми представителями минералов.

Пироксены устойчивы и в россыпях встречаются часто. Диопсид и энстатит обычно наблюдаются в виде окатанных зерен неправильной формы, реже в виде короткопризматических кристаллов, с углом между гранями, близким к прямому. Эгирин значительно реже встречается в россыпях, чем диопсид; для него характерна длиннопризматическая форма зерна, в случае слабой окатанности сохраняется штриховка.

При дроблении пироксены раскалываются на зерна неправильной формы с неровным изломом, реже получают пластинчатые осколки по спайности. В иммерсионных препаратах пироксены дают тонкие пластинчатые осколки, частью имеющие прямолинейные очертания с двух или трех сторон, а частью с неровными очертаниями. В случае прямолинейных очертаний форма пластинок оказывается близкой к прямоугольной. Эгирин образует более резко выраженные прямоугольные пластинки.

О п р е д е л е н и е. Диопсид и энстатит определяются по короткопризматической форме кристаллов (если они сохранились), прозрачности, светлозеленой, желтой или серой окраске, стеклянному блеску, высокой твердости, серовато-белому порошку. Эгирин отличается темнозеленой окраской, длиннопризматической формой кристаллов с вертикальной штриховкой граней и зеленоватым порошком. Пироксены надежно определяются толь-

ко в иммерсионных жидкостях и цементных шлифах. В кислотах они не растворимы и разлагаются путем сплавления с содой. По внешнему виду под бинокляром они между собой отличаются плохо, а различаются главным образом по показателям преломления.

Диопсид в осколках можно спутать с эпидотом, от которого под микроскопом он отличается более низкими показателями преломления, спайностью, большими углами угасания, меньшим $2V$ и оптически положительным знаком.

Энстатит в осколках похож на гиперстен, авгит, геденбергит, но под микроскопом отличается от них более низкими показателями преломления.

Пироксены по химическому составу, кристаллографической форме, стеклянному блеску, высокой твердости, удельному весу и магнитной проницаемости очень сходны с амфиболами, но отличаются от них хуже выраженной призматической спайностью и углом спайности, близким к прямому. Вследствие хуже выраженной спайности пироксены при дроблении раскалываются на зерна неправильной формы, без видимых простым глазом и под бинокляром пластинок. Пластинчатые осколки у пироксенов образуются лишь при мелком дроблении (меньше 0,1 мм), причем их наличие устанавливается под микроскопом в иммерсионных препаратах. Амфиболы способны при раскалывании, в отличие от пироксенов, давать более вытянутые пластинки, наблюдаемые не только под бинокляром, но иногда и простым глазом.

Пироксены сходны также с минералами группы оливина, но отличаются от них под микроскопом как в иммерсионных препаратах, так и в прозрачных цементных шлифах по пластинчатой форме зерен, спайности и меньшему $2V$. Оливин под микроскопом бесцветен, имеет неправильную форму зерен и трещиноватость, по которой обычно тонко замещается серпентином.

Ставролит $FeAl_4O_2(OH)_2 [SiO_4]_2$. Ромбической сингонии. Кристаллы короткопризматические по [001] и сплюснутые параллельно оси [010] с хорошо развитыми гранями (110), (010) и (001). Часто наблюдаются грани с шероховатой поверхностью или примазки тонкочешуйчатой слюды. Характерны крестообразные двойники по (032) в виде прямо-угольного креста и по (232) в виде косо-го креста (рис. 43). Спайность по (010) средняя. Твердость 7—7,5. Уд. вес 3,6—3,8. Излом неровный. Блеск стеклянный матовый. Цвет желтый, красновато-бурый до буровато-черного, под микроскопом темно-желтый, желтовато-бурый, красновато-бурый, золотисто-желтый до бесцветного. Ясный плеохроизм. Схема абсорбции:

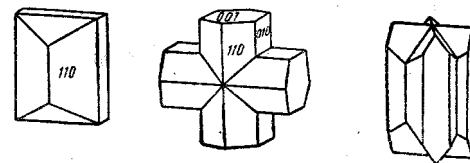


Рис. 43. Ставролит

$Np < Nm < Ng$. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (100); $Np = 1,736$; $Nm = 1,741$; $Ng = 1,746$.

Ставролит устойчив и в россыпях сохраняется в виде короткопризматических кристаллов с ясно развитой ромбической призмой или в виде крестообразных двойников. При дроблении ставролит дает зерна неправильной формы с неровным изломом. Пластиночатые осколки по спайности наблюдаются редко.

Определение. Ставролит определяется по крестообразным двойникам, короткопризматическим кристаллам с ромбической призмой и пинакоидами (010) и (001), красновато-бурой или желтовато-бурой окраске, шероховатой слабо изъеденной поверхности граней, высокой твердости. Проверяется в иммерсионных препаратах по характерному плеохроизму — желтому до красноватого или золотисто-желтому до бесцветного, положительному оптическому знаку, небольшому двупреломлению, тонкодисперсным включениям черного углистого вещества. Химически ставролит проверяется редко, так как нерастворим в кислотах.

В осколках ставролит сходен с гранатом и пироксеном бурой окраски, но отличается от граната анизотропностью, плеохроизмом, наличием множества включений посторонних минералов, от пироксена — плеохроизмом, наличием включений, отсутствием совершенной спайности.

Турмалин — в химическом отношении представляет изоморфную смесь алюмо- и боросиликатов переменного состава. В состав турмалина входят: SiO_2 , TiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CrO_3 , FeO , MgO , CaO , MnO , Na_2O , K_2O , Li_2O , H_2O и F. Тригональной сингонии. Кристаллы призматические с ясно развитой дитригональной призмой, со слабо развитыми гранями ромбоэдра

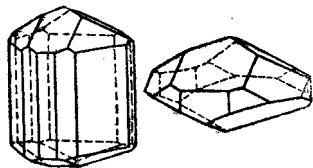


Рис. 44. Турмалин

(рис. 44). Вершины кристаллов большей частью закруглены, и грани на них совершенно неуловимы. В поперечном сечении кристаллы дают сферический треугольник вследствие изогнутости призматических граней и наличия множества вицинальных призматических граней. Развита резкая вертикальная штриховка на гранях призмы. Цвет разнообразный в зависимости от химического состава. Чаше распространены железисто-магнезиальные разности грязно-зеленого, бурого, темносинего и черного цвета. Реже встречаются светлоокрашенные разности, богатые окисью натрия или лития: светлосиние, розовые и бесцветные. Блеск стеклянный. Порошок у темноокрашенных разностей зеленовато- или синевато-серый. Твердость 7—7,5. Уд. вес 2,9—3,25. Спайность отсутствует. Оптически отрицательный. Показатели преломления находятся в тесной зависимости от химического состава. Для обычной железисто-магнезиальной разности турмалина $Nm = 1,687$, $Np = 1,641$. Двупреломление среднее. Призма-

тические зерна имеют прямое угасание. Резко выражен плеохроизм, который изменяется в зависимости от окраски минерала. В бурых разностях плеохроизм наиболее интенсивен: от бурого до желтого, от темносинего до лилово-розового, от синего до розоватого. Максимум абсорбции $Nm > Np$ в призматических зернах.

Турмалин устойчив, не окисляется и при отсутствии спайности с трудом колется. Поэтому в россыпях он обычно сохраняет форму окатанных удлиненно-призматических зерен со сглаженными вершинками. При слабой окатанности на гранях кристаллов сохраняется вертикальная штриховка. При дроблении турмалин дает зерна неправильной формы с неровным изломом.

Определение. Турмалин легко определяется до дитригональной призмы, вертикальной штриховке и сферическому треугольнику в поперечном сечении кристаллов, прозрачности, темной буровато-зеленой или синей до черной окраске, стеклянному блеску, высокой твердости, зеленовато- или синевато-серому порошку и нерастворимости в кислотах. Проверяется оптически в иммерсионных препаратах по показателю преломления, резкому плеохроизму и отрицательной одноосной фигуре. В исключительных случаях проверяется на бор.

В осколках железисто-магнезиальный турмалин сходен с темноокрашенными пироксенами и амфиболами, но легко отличается от них одноосной отрицательной фигурой и более низкими показателями преломления.

Эпидот $Ca_2(Al, Fe)_2(OH)O_2[AlSi_3O_9]$. Моноклинной сингонии. Дает вытянутые и нередко игольчатые кристаллы (рис. 45).

Иногда призматические грани штрихованы. Твердость 6—7. Уд. вес 3,5. Блеск стеклянный. Цвет зеленый разных оттенков. Особенно характерен фиашково-зеленый цвет. Реже встречаются разности желтого, бурого и красного цвета. Опти-

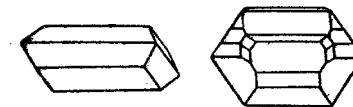


Рис. 45. Эпидот

чески отрицательный. Плеохроизм заметен лишь в очень толстых осколках от зелено-желтого до бесцветного. Двупреломление сильное. Показатели преломления сильно изменяются в зависимости от содержания железа: $Np = 1,716—1,737$; $Nm = 1,719—1,764$; $Ng = 1,725—1,782$. Спайность по (001) средняя и по (100) несовершенная.

В россыпях эпидот устойчив. В шлихах он обычно встречается в виде неправильных угловатых или округленно-угловатых зерен бледного желто-зеленого цвета.

Определение. Эпидот определяется по стеклянному блеску, желтовато-зеленой окраске, прозрачности, высокой твердости, нерастворимости в кислотах. Проверяется главным образом оптическим путем: по высоким показателям преломления,

$Np < Nm < Ng$. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (100); $Np = 1,736$; $Nm = 1,741$; $Ng = 1,746$.

В шлихах и в раздробленном состоянии эпидот очень сходен с пироксенами и везувианом, но от пироксенов он отличается более высокими показателями преломления и слабо выраженной или отсутствующей спайностью (в прозрачных цементных шлифах), от везувиана — значительно большим двупреломлением и яркими цветами интерференции.

4. ТИТАНО-СИЛИКАТЫ

Из данной группы будут описаны астрофиллит, лампрофиллит и сфен. Эти минералы обычно содержат железо в виде примесей, поэтому они имеют низкую магнитную проницаемость и могут быть оттянуты электромагнитом только при высоком напряжении. Они попадают, таким образом, в слабо электромагнитную фракцию. Титано-силикаты прозрачны, имеют высокий удельный вес, тонут в жидкости Сушина—Рорбаха и всплывают в расплаве азотнокислой закиси ртути. В кислотах не растворимы. Проверяются оптически в иммерсионных жидкостях по высокому рельефу. Показатели преломления у них высокие, определяются в иммерсионных сплавах.

Астрофиллит $(H, K, Na)_4(Fe, Mn)_4(Ti, Zr)Si_4O_{16}$. Моноклинной сингонии. Кристаллы удлиненные с развитыми формами (100) и (110), иногда звездчатые скопления. Спайность по (100) весьма совершенная, слюдоподобная, но, в отличие от слюды, листочки хрупкие. Твердость 3. Уд. вес 3,3—3,4. Блеск стеклянный до полуметаллического и перламутровый. Цвет бронзово-желтый до золотисто-желтого. Прозрачен. Оптически положительный, иногда отрицательный. Плоскость оптических осей перпендикулярна (010). $Np = 1,677$; $Nm = 1,698$; $Ng = 1,733$. $2V$ большой. Сильный плеохроизм; по Np — густой оранжевый или красный, по Nm — лимонно-желтый, по Ng — оранжевый. $Np = [100]$; $Nm = [001]$; $Ng = [010]$.

В россыпях минерал неустойчивый. При дроблении колется на удлиненные пластинки по спайности параллельно грани (100). Пластинки или листочки очень хрупкие.

О п р е д е л е н и е. Астрофиллит определяется легко по лучистым агрегатам, прямоугольно-пластинчатому габитусу кристаллов, совершенной спайности, бронзовому до золотисто-желтого цвету. Проверяется оптически в иммерсионных препаратах по показателям преломления и резкому плеохроизму. В иммерсионных препаратах обычно дает осколки по спайности (100) параллельно Ng .

Астрофиллит можно смешать со слюдами, но он отличается от них более высокими показателями преломления и характером плеохроизма. Астрофиллит по внешнему виду очень сходен с лампрофиллитом, но отличается от него более высокими пока-

зателями преломления и обратной схемой абсорбции: $Np > Nm > Ng$. Астрофиллит частично разлагается в соляной и серной кислотах. При нагревании в закрытой трубке дает воду.

Лампрофиллит — сложный титано-силикат стронция и натрия. Моноклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100) со штриховкой, параллельной вертикальной оси. Спайность по (100) хорошая. Цвет золотисто-бурый, темнобурый. Блеск полуметаллический. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 2—3. Уд. вес 3,35—3,53. Прозрачен. Оптически положительный. Плоскость оптических осей почти параллельна (100). $2V = 23—41^\circ$. Сильный плеохроизм: по Ng — оранжево-желтый, по Nm — соломенно-желтый, по Np — бледножелтый. Схема абсорбции: $Ng > Np > Nm$. $Np = 1,745$; $Nm = 1,751$; $Ng = 1,780$. В россыпях неустойчив. При дроблении раскалывается по спайности (100) или образует зерна с неровным изломом.

О п р е д е л е н и е. Лампрофиллит определяется по призматически-таблитчатой форме кристаллов, золотисто-бурой окраске, полуметаллическому блеску, способности раскалываться на таблички, хрупкости и тонкой штриховке. Проверяется в иммерсионных препаратах по показателям преломления и резкому плеохроизму. Очень сходен с астрофиллитом, но отличается от него более высокими показателями преломления и прямой схемой абсорбции. В кислотах не растворим.

Сфен $CaTiO [SiO_4]$ Моноклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (001) или (100) и плоскопризматические, с преимущественным развитием граней (111) или по призмам с гранями (110) и (110) (рис. 46). В случае преобладающего развития граней (111) и (110), при отсутствии или слабом развитии других граней, форма кристаллов псевдобипирамидальная. Спайность средняя по (110). Твердость 5—6. Уд. в. 3,4—3,6. Излом неровный или слабо раковистый. Цвет большей частью желтый, бурый, реже зеленый, серый. Блеск стеклянный до алмазного, в свежем изломе жирный. В мелких осколках под бинокляром прозрачен. Оптически положительный. $Ng = 2,034$; $Nm = 1,907$; $Np = 1,900$, $2V = 27^\circ$. Под микроскопом бесцветен. Двупреломление высокое. Интерференционная окраска высшего порядка в перламутровых, розовых и белых тонах.

Сфен довольно устойчив и в россыпях сохраняет форму призматически-удлиненных и плоских конвертообразных кристалликов желтого или бурого цвета, реже наблюдаются кристаллы бипирамидальной формы. Встречается также в виде окатанных и остроугольных зерен неправильной формы. При дроблении сфен дает осколки в виде остроугольных неправильных зерен с неровным или слабо раковистым изломом, со стеклянным, жирным или алмазовидным блеском.

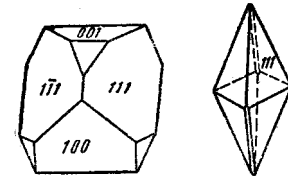


Рис. 46. Сфен.

Определение. Под бинокляром сфен определяется по характерной форме кристаллов, напоминающих конвертики, стеклянному или жирному до алмазного блеску, медово-желтому, реже бурому цвету, прозрачности, средней твердости. Под микроскопом в иммерсионных препаратах сфен определяется по высокому показателю преломления (выше, чем у жидкостей), высоким цветам интерференции, небольшому положительному $2V$ и заметно выраженной дисперсии осей (цветные изогирь). Более точно показатели преломления определяются в сплавах. Химически проверяется на титан. В кислотах сфен не растворим.

В осколках сфен очень сходен с монацитом и рамзаитом, меньше он похож на касситерит и светлоокрашенный желтый пироксен. Но сфен отличается от монацита в иммерсионных препаратах более высокими показателями преломления (у монацита $N_p \approx 1,786$, т. е. почти совпадает с показателем преломления крайней жидкости набора), более высоким двупреломлением и и большим $2V$, химически — присутствием кальция, титана и кремния и отсутствием фосфора и церия. От рамзаита сфен отличается положительным знаком и неясной спайностью по (100), от пироксена — высокими показателями преломления и от касситерита — отрицательной реакцией на оловянное зеркало.

5. ТИТАНАТЫ

К титанатам ранее относили ильменит, который, согласно новейшим исследованиям, стали относить к группе окислов, где он и рассматривается (стр. 72—73). Из группы титанатов здесь будет описан один минерал — перовскит.

Перовскит CaTiO_3 . Кубической сингонии. большей частью наблюдается в виде кубов. Характерны двойники прорастания. Грани куба имеют тонкую прерывающуюся штриховку параллельно ребрам куба. Спайность по кубу (100) довольно заметная. Твердость 5—6. Уд. вес 3,47—4,04. Излом неровный до раковистого. Цвет черный, серовато-черный, бурый, красновато-коричневый. Блеск алмазный или металлоидный. В осколках под бинокляром просвечивает красно-бурый цвет. Под микроскопом прозрачен. Изотропен. $N = 2,35$. Иногда имеет аномальное двупреломление с темносерой интерференционной окраской. В отраженном свете серовато-белый с голубоватым оттенком. По отражательной способности близок к магнетиту и имеет буроватый оттенок.

Минерал мало распространенный. В россыпях сохраняется, но редко. При дроблении перовскит раскалывается на осколки неправильной изометричной формы с неровным изломом, реже дает сколы по спайности.

Определение. Перовскит определяется по кубической форме, алмазному или полуметаллическому блеску, черному или буровато-черному цвету. В тонких осколках красно-бурый или

коричнево-бурый. Порошок имеет пепельный цвет. В кислотах не растворим. Проверяется в проходящем свете по высокому показателю преломления. Наряду с этим перовскит проверяется в отраженном свете по гладкой полировке, серовато-белой с голубоватым оттенком окраске и отрицательному отношению к травлению известными реактивами. Химически проверяется на титан и кальций. В растворимое состояние переводится путем сплавления с содой или с кислым серноокислым калием.

В осколках перовскит можно спутать с черным гранатом и рутилом. От граната отличается полуметаллическим блеском, высоким показателем преломления; от рутила — изотропностью.

6. ТАНТАЛО-НИОБАТЫ

Данная группа представлена черными непрозрачными минералами — танталитом и колумбитом и прозрачными смоляно-черными минералами — пирохлором и др. Непрозрачные танталит и колумбит, богатые железом, обладают повышенной магнитной проницаемостью и попадают в сильно электромагнитную фракцию. Прозрачные тантало-ниобаты, как, например, пирохлор, с содержанием железа в виде примесей, имеют низкую магнитную проницаемость и попадают в слабо электромагнитную фракцию. Те и другие тантало-ниобаты слабо растворимы в кислотах и для химических реакций сплавляются с содой или кислым серноокислым калием. Оптически танталит и колумбит проверяются в отраженном свете, а пирохлор — в проходящем и отраженном свете. Они обладают высоким удельным весом и тонут во всех известных тяжелых жидкостях, а также в расплаве азотнокислой закиси ртути.

Колумбит—танталит — изоморфный ряд ниобатов и танталатов железа и марганца с общей формулой $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$. Крайние члены: колумбит — почти чистый ниобат и танталит — почти чистый танталат. Ромбической сингонии. Габитус кристаллов таблитчатый, пластинчатый, с более сильным развитием пинакоидальных граней (100), (010), (001) и слабым развитием граней призмы (110) и бипирамиды (111) (рис. 47). Кристаллы вытянуты по третьей кристаллографической оси и сплюснуты по [100]. Спайность ясная по (100) и менее ясная по (010). Излом неяснораковистый до неровного. Твердость 6. Уд. вес 5,3—7,79. Блеск полуметаллический или смолистый. Цвет железно-черный и буровато-черный. Порошок красноватый, бурый, вишнево-красный и для более железистых разновидностей черный. Непрозрачен и лишь в тончайших осколках под микроскопом просвечивает красным. $N_g = 2,39$; $N_m = 2,25$; $N_p = 2,19$. В отраженном свете серовато-белый. Твердость высокая; стальной иглой не чертится.

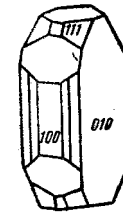


Рис. 47.
Колумбит — танталит

Иногда наблюдаются красные внутренние рефлексы. Способность полироваться средняя. Реактивы не действуют.

В россыпях сохраняет кристаллографическую форму шестисторонних табличек. Чаще наблюдается в виде окатанных зерен или пластинок неправильной формы. При дроблении получаются неправильные зерна с неровным изломом, реже параллелепедальные осколки по спайности.

Определение. Колумбит и танталит определяются по шестисторонним табличкам удлиненной формы, ромбобипирамидальной форме кристаллов или характерным окатанным пластинкам, буровато-черному или железно-черному непрозрачному порошку и нерастворимости в кислотах¹. Проверяются главным образом химически на тантал и ниобий, марганец и железо. Легко сплавляются с содой или КОН. Сплав приобретает зеленоватую окраску от присутствия в минерале марганца. Колумбит от танталита можно отличить лишь при помощи химического или рентгеноспектрального анализа².

В шлихах и в раздробленном состоянии колумбит и танталит легко спутать с ильменитом. Но в зернах, сохранивших кристаллические очертания, колумбит и танталит имеют вид удлиненных, а ильменит — изометричных табличек. Имеются и другие отличия: осколки танталита и колумбита просвечивают в тонких краях под микроскопом, чего не наблюдается у ильменита; танталит и колумбит легко сплавляются с содой или КОН, ильменит — с трудом и не полностью; при кипячении колумбита и танталита в серной кислоте получается светлая пленка или характерная травленая поверхность, подчеркивающая спайность минерала, чего не получается у ильменита.

Пироклор — ниобат натрия и кальция. Содержит также элементы церовой группы редких земель, Ti, Th, F. Рентгеноскопически установлена формула: $(Na, Ca)_2(Nb, Ti)_2(O, F)_7$. Кубической сингонии. Кристаллы октаэдрической формы. Спайность иногда ясная. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 5—5,5. Уд. вес 4,2—4,36. Блеск стеклянный до металловидного. Изотропен. $N = 1,96—2,02$. Цвет медово-бурый или красновато-бурый до смоляно-черного. Порошок светлобурый. Осколки просвечивают в краях под бинокляром бурым цветом. Под микроскопом прозрачен и окрашен в бурый или красновато-бурый цвет. В отраженном свете цвет серовато-белый, близкий к цвету магнетита. Хорошо полируется в отличие от магнетита и гематита. Реактивами не травится.

¹ Колумбит, как и большинство тантало-ниобатов, в измельченном состоянии растворяется при кипячении в крепкой серной кислоте.

² При реакции с таннином осадки тантала и ниобия имеют различную окраску, и это позволяет судить о соотношении тантала и ниобия в минерале. Отличить тантал от ниобия помогают также качественные реакции с резорцином и ферроинном.

Минерал мало распространенный и неустойчивый и в россыпях встречается редко. Вследствие хрупкости он легко крошится и распыляется. При дроблении дает зерна угловатой неправильной формы с неровным раковистым изломом.

Определение. Пироклор определяется по октаэдрической форме кристаллов (если она сохранилась), медово-бурому до смоляно-черного цвету, просвечиванию под бинокляром бурым цветом, металловидному блеску, нерастворимости в кислотах, средней твердости. Под микроскопом определяется по очень высокому показателю преломления (значительно выше, чем у жидкостей), изотропности и бурому цвету. Точнее показатель преломления пироклора определяется в сплавах. В отраженном свете пироклор определяется по отражательной способности, близкой к магнетиту, по темнотным внутренним рефлексам, средней твердости (чертится стальной иглой), отрицательному отношению к реактивам. Проверяется химически на ниобий, титан, кальций и редкие земли. В осколках пироклор сходен с перовскитом, самарскитом и фергусонитом, но отличается от них химическими свойствами.

7. КАРБОНАТЫ

Из группы карбонатов будет описан один минерал — сидерит.

Сидерит $FeCO_3$. Тригональной сингонии. Габитус кристаллов ромбоэдрический с гранями $(10\bar{1}1)$ или $(0\bar{1}12)$. Двойники по $(0\bar{1}12)$. Спайность по ромбоэдру $(10\bar{1}1)$ совершенная. Излом неровный или неяснораковистый. Минерал хрупкий. Часто сплошной до грубо- или мелкозернистого, плотный и землистый. Твердость 3,5—4,5. Уд. в. 3,88. Блеск стеклянный до перламутрового. Цвет бурый, буровато-красный, желтовато-серый, реже белый. Порошок желтовато-белый. Под бинокляром просвечивает, в мелких осколках полупрозрачен. Под микроскопом прозрачен. Оптически отрицательный. $Np = 1,633$ и $Nm = 1,873$. Высокое двупреломление — высокие цвета интерференции. В отраженном свете светлосерый: заметно светлее кварца.

Сидерит в природе менее распространен, чем кальцит, но более устойчив и в россыпях наблюдается в виде таблитчатых или пластинчатых полуокатанных зерен. Пластинчатая форма зерен сидерита обусловлена совершенной спайностью по ромбоэдру. В раздробленном состоянии для сидерита также характерны главным образом пластинчатые зерна с симметричным угасанием, резкой псевдоабсорбцией и высокими перламутровыми цветами интерференции. Разложившийся сидерит замещается гидроокислами железа, приобретает черновато-бурый цвет, матовый блеск и становится непрозрачным.

Определение. Под бинокляром сидерит определяется по таблитчатой форме, буроватой окраске, слабому перламутровому блеску, малой твердости и медленному растворению на хо-

лоду в соляной кислоте со слабым вскипанием и окрашиванием раствора в зеленовато-желтый цвет. Проверяется под микроскопом. Nm резко больше, чем у крайней жидкости набора, и точно определяется только в иммерсионных сплавах. При определении сидерита в иммерсионных препаратах хорошо наблюдаются псевдоабсорбция и высокие цвета интерференции. Химически проверяется на железо и на CO_2 . Наличие CO_2 устанавливается при растворении сидерита в соляной кислоте по выделению газовых пузырьков, на холоду очень слабому, при нагревании с сильным вскипанием.

В таблитчатых осколках сидерит сходен с кальцитом, баритом и полевым шпатом. Но от кальцита сидерит отличается слабой растворимостью в соляной кислоте на холоду и более высокими показателями преломления, от барита и полевого шпата — в иммерсионных препаратах псевдоабсорбцией и высокими перламутровыми цветами интерференции, а также более высокими показателями преломления, от полевого шпата, кроме того, — более низкой твердостью.

8. СУЛЬФАТЫ

Среди сульфатов, обладающих магнитными свойствами, можно назвать ярозит.

Ярозит $K_2Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$. Минерал из группы алунита. Тригональной сингонии. Часто образует друзы мельчайших кристаллов. Также волокнистый, в корочках тонкозернистый. Спайность по (0001) ясная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 2,5—3,5. Уд. вес 3,0—3,26. Блеск стеклянный до алмазовидного, также матовый. Цвет охристо-желтый, желтовато-бурый, коричневатобурый. Порошок желтый, блестящий. Оптически отрицательный. $Np = 1,715$ и $Nm = 1,820$. Плеохроизм желтоватый до бесцветного. В россыпях наблюдается редко в мелких друзах и агрегатах тонкозернистого строения желто-бурого цвета.

О п р е д е л е н и е. Ярозит — слабо магнитный минерал. Определяется по мелкозернистым полупрозрачным агрегатам низкой твердости. Проверяется под микроскопом по высоким показателям преломления и ярким цветам интерференции, близким к перламутровым. Химически проверяется по легкой растворимости в HCl и положительным реакциям на железо и SO_4^{--} (сульфатную серу). В закрытой трубке ярозит при подогревании выделяет воду. Солянокислый раствор ярозита окрашивает пламя в синий цвет вследствие присутствия калия.

9. ФОСФАТЫ

Среди фосфатов, обладающих электромагнитными свойствами, должны быть отмечены ксенотим и монацит.

Ксенотим YPO_4 . Тетрагональной сингонии. Иногда похож на призматический циркон с преимущественным развитием граней

(110) и с вершинками, состоящими из пирамидальных граней (111). Гораздо чаще наблюдаются кристаллы бипирамидального облика с резко развитой тетрагональной бипирамидой, при отсутствии или слабом развитии призматических граней (рис. 48). Спайность по (110) совершенная. Излом неровный и занозистый. Хрупкий. Твердость 4—5. Уд. вес 4,5. Блеск смолистый до стеклянного. Цвет медово-желтый, желтовато-бурый, красновато-бурый, зеленоватый. Под бинокляром прозрачен. Оптически положительный. $Nm = 1,720$ и $Ng = 1,81$. Высокое двупреломление.

В россыпях ксенотим встречается значительно реже, чем монацит, и наблюдается в виде бипирамидальных или призматических кристалликов или в виде окатанных зерен удлиненной формы. При дроблении ксенотим дает угловатые зерна с неровным и занозистым изломом. Раскалывается также на пластинки с сечением по призматической совершенной спайности с высокими интерференционными цветами.

О п р е д е л е н и е. Ксенотим определяется по бипирамидальной или призматической цирконоподобной форме кристаллов, медово-желтому цвету, прозрачности, жирному блеску, средней твердости. Под микроскопом в иммерсионных препаратах определяется по яркой интерференционной окраске, одноосной положительной фигуре и показателям преломления ($Nm = 1,720$ и Ng больше, чем у крайней жидкости набора). Спайность улавливается в цементных шлифах. Проверяется химически на PO_4 и иттрий. В кислотах ксенотим растворяется слабо.

По цвету, блеску и твердости в осколках ксенотим совершенно не отличается от монацита, но в зернах, сохранивших кристаллические очертания, отличается от него легко. Под микроскопом ксенотим отличается от монацита более низкими показателями преломления ($Nm = 1,720$), более высокими цветами интерференции, одноосной фигурой в сходящемся свете.

Ксенотим в осколках трудно отличить также от желтого сфена, касситерита и пироксена, но он отличается от них при наблюдении в иммерсионных препаратах оптическими свойствами и по реакции на фосфор.

Монацит $(Ce, La, Nd, Pr)PO_4$. Моноклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100) или призматические. Преобладающее развитие имеет первый пинакоид (100), слабо развиты грани призмы (011) и пинакоида (010) (рис. 49). Спайность совершенная по (001) и по (100) ясная. Твердость 5—5,5. Уд. вес 5—5,5. Излом раковистый до неровного. Хрупкий. Цвет обычно медово-желтый, реже буровато-желтый и красновато-бурый и еще реже

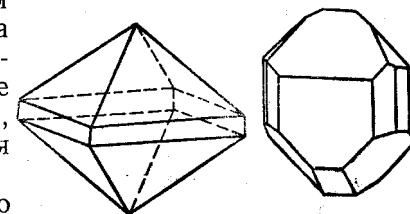


Рис. 48.
Ксенотим

Рис. 49.
Монацит

Зеленоватый. Порошок белый. Под бинокляром в осколках прозрачен. Блеск жирный, матовый. Оптически положительный. $Np = [010]$. Плоскость оптических осей перпендикулярна (010) и почти параллельна (100); угол Ng с [001] изменяется от $+1^\circ$ до 4° . $2V = 14^\circ$. Двупреломление высокое. $Np = 1,786$; $Nm = 1,788$; $Ng = 1,837$.

Благодаря более слабой магнитной проницаемости монацит легко отделяется электромагнитом от гематита, ильменита, темноокрашенных гранатов, пироксенов, амфиболов и концентрируется в слабо электромагнитной фракции, что значительно облегчает и уточняет его количественное определение.

В шлихах монацит обычно встречается в виде хорошо окатанных бледножелтых зерен яйцевидной формы, а иногда в виде табличек со скошенными краями, развитых по пинакоиду (100). При дроблении монацит раскалывается по совершенной спайности (001) и реже по (100). Поэтому в иммерсионных препаратах получают сечения по спайности (100), параллельной плоскости оптических осей, с яркой интерференционной окраской и сечения по совершенной спайности (001), перпендикулярной оптической оси, с серой интерференционной окраской и показателем преломления, близким к показателю крайней жидкости набора. Форма тонких осколков иногда прямоугольная, с ровными линейными очертаниями.

О п р е д е л е н и е. Монацит легко определяется под бинокляром по пластинчатой и табличчатой форме кристаллов с резко развитым пинакоидом (100) и скошенными гранями ромбической призмы, медово-желтому цвету, жирному блеску и средней твердости. Под микроскопом определяется в проходящем свете в иммерсионных препаратах по близости Np и Nm к показателю преломления крайней жидкости набора (около 1,77), малому $2V$ (14°) и положительному знаку. Наличие спайности улавливается в цементных шлифах. Химически проверяется на PO_4 и на редкие земли. В кислотах монацит растворяется очень слабо и в растворимое состояние переводится путем сплавления с содой.

В осколках монацит трудно отличим от ксенотима (см. К с е н о т и м) и несколько похож на сфен, касситерит, гранат и пироксен, окрашенные в желтый или буроватый цвет, но от перечисленных минералов он легко отличается в иммерсионных препаратах: от сфена и касситерита — $Nm \approx 1,77$, от граната — анизотропностью, от пироксена — более высокими показателями преломления и малым $2V$.

10. ВОЛЬФРАМАТЫ

К вольфраматам, содержащим железо, относятся ферберит, вольфрамит и гюбнерит. Первые два содержат железо как основной элемент (сильно электромагнитная фракция), а третий — лишь в качестве примеси (слабо электромагнитная фракция). Ферберит и вольфрамит — непрозрачные минералы, а гюбне-

рит — прозрачный. Все три минерала обладают высоким удельным весом и тонут не только в тяжелых жидкостях, но и в расплаве азотнокислой закиси ртути.

Вольфрамит $(Fe, Mn)WO_4$. Моноклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100), также призматические клиновидные. Часто удлиненно-пластинчатые, шестоватые и зернистые агрегаты (рис. 50). Спайность по (010) весьма совершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5—5,5. Уд. вес 7—7,5. Блеск полуметаллический, на плоскостях спайности зеркальный. Цвет бурый или коричнево-черный. Порошок коричнево-бурый или вишнево-черный. Непрозрачен. Лишь в тончайших осколках под микроскопом просвечивает красным цветом. Оптически положительный. $N = 2,26$ —2,48. В отраженном свете серый. Анизотропен. Полируется хорошо. Реактивами не травится.

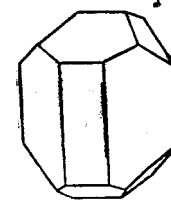


Рис. 50. Вольфрамит

Вольфрамит — неустойчивый минерал: легко раскалывается по спайности и истирается. Поэтому в россыпях сохраняется лишь вблизи коренных месторождений и очень редко встречается в виде мелких окатанных зерен. При дроблении вольфрамит также раскалывается по спайности.

О п р е д е л е н и е. Вольфрамит определяется по таблитчатым или призматическим кристаллам с преобладанием первого пинакоида над призматическими гранями, коричнево-вишневому порошку, сходному по цвету с порошком гематита, совершенной спайности, способности раскалываться на тонкие черные пластинки с металлическим блеском. Под микроскопом в отраженном свете проверяется по серому цвету, в проходящем свете — по красному просвечиванию. Химически проверяется на WO_4 , Mn и Fe . В соляной кислоте вольфрамит растворяется очень плохо. Лишь при двукратном кипячении его порошка в HCl с металлическим оловом он образует тонкую синюю каемку на фарфоровой чашечке или тигле, свидетельствующую о присутствии вольфрамовой кислоты. Для полного растворения вольфрамит сплавляется с содой и KNO_3 , причем от присутствия марганца сплав получается зеленый. При растворении сплава в соляной кислоте выпадает желтая вольфрамовая кислота, которая при кипячении с металлическим оловом или раствором хлористого олова синеет.

Вольфрамит в мелких осколках можно спутать с черными непрозрачными минералами: гематитом, ильменитом и танталитом. От гематита он отличается присутствием вольфрама и марганца, от ильменита — присутствием вольфрама и отсутствием титана, от танталита — присутствием вольфрама и отсутствием тантала.

Ферберит весьма сходен с вольфрамитом по химическому составу и всем прочим свойствам.

Гюбнерит $MnWO_4$. Моноклинной сингонии. Кристаллы обычно таблитчатые по (100). Спайность по (010) весьма совершенная.

Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5—5,5. Уд. вес 7—7,5. Блеск металлический. Цвет бурый, красновато-бурый, розовый. Порошок буроватый. Под микроскопом прозрачный. Оптически положительный. Показатели преломления: $N_p = 2,17$; $N_m = 2,20$; $N_g = 2,32$. $N_p = [010]$; угол N_g с $[001]$ равен 19° . Высокое дву-преломление. Яркие пестрые, зеленые и красные цвета интерференции. Под микроскопом красновато-бурый. В отраженном свете серый. Хорошо полируется. Реактивами не травится. Внутренние рефлексы красные. В россыпях гюбнерит сохраняется редко. Очень легко раскалывается по спайности на тонкие пластинки.

Определение. Гюбнерит определяется по пластинчатой форме кристаллов, красновато-бурому цвету, слабому растворению в соляной кислоте с выпадением желтой вольфрамовой кислоты. В иммерсионных препаратах — по буровато-красной окраске, ярким пестрым цветам интерференции, очень высоким показателям преломления (последние определяются лишь в иммерсионных сплавах). Химически проверяется как и вольфрамит (см. В о л ь ф р а м и т).

ГЛАВА VI. МИНЕРАЛЫ ТЯЖЕЛОЙ НЕЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

Тяжелая неэлектромагнитная фракция получается в результате магнитной и электромагнитной сепарации и разделения шлиха или дробленого материала (концентратов и т. п.) в тяжелых жидкостях (бромформе, жидкости Туле). В нее входят неэлектромагнитные минералы с удельным весом больше 2,9.

Эта фракция наиболее богата полезными минералами и вообще представляет наибольший интерес по минералогическому составу. Минералы данной фракции, за исключением непрозрачных самородных металлов, сульфидов и сульфосолей, прозрачны. Они описываются по группам, приведенным в табл. 4 (стр. 100).

1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Минералы этой группы представлены главным образом самородными металлами — непрозрачными минералами, исследуемыми под биноклем, с оптической проверкой в отраженном свете и микрохимическим путем. Самородные металлы отличаются от минералов других групп ковкостью и легкой плавкостью. Среди непрозрачных минералов тяжелой неэлектромагнитной фракции они обладают наиболее высокой отражательной способностью и легкой растворимостью в кислотах, за исключением золота и платины, растворимых лишь в царской водке.

В группу самородных элементов входит также алмаз, имеющий исключительно высокую твердость, низкий удельный вес и прозрачность, в связи с чем он исследуется в проходящем свете.

Алмаз С. Кубической сингонии. Габитус кристаллов изометрический, октаэдрический. Характерны грани (111), (100), (110). Грани (111) часто искривлены, закруглены и иштрихованы, с трехугольными углублениями. Двойники обычно по шпинелевому закону, с двойниковой плоскостью (111). Кристаллы иногда сплющены по (111). Обычно алмаз наблюдается в виде отдельных кристаллов, реже в зернистых неправильной формы сростках (борт), мелких шаровидных агрегатах с лучистым строением

Минеральные группы тяжелой неэлектромагнитной фракции

Самородные элементы	Сульфиды, сульфосоли и арсениды	Галоиды	Оксиды	Карбонаты	Силикаты	Фосфаты, арсенаты и ванадаты	Сульфаты	Вольфраматы и молибдаты
Алмаз Висмут Золото Медь Олово Осмистый иридий Платина Свинец Серебро	Антимонит Арсенопирит Аурипигмент Борнит Буланжерит Висмутовый блеск (висмутин) Галенит Киноварь Кобальтин Ковеллин Марказит Молибденит Пенгландит Пирит Реальгар Спериллит Станнин Сфалерит Тетрадимит Тетраэдрит Халькозин Халькопирит	Керагирит Флюорит	Анаказ Брукит Валенгинит Касситерит Кермезит Корунд Куприт Рутил Тенорит Тунгстит	Азурит Аурихальцит Базобисмутит Малахит Родохрозит Смитсонит Церуссит	Андалузит Волластонит Кшанит Родонит Сиялиманит Сподоумен Топаз Тремолит Циркон	Апатит Ванадинит Пироморфит Скородит Эритрин	Ангидрит Англезит Барит	Вульфенит Повелит Шеелит Штольцит

(баллас) и в плотных или очень тонкозернистых агрегатах черного или серого цвета (карбонадо). Спайность по (111) средняя. Излом раковистый. Твердость 10. Уд. вес 3,2—3,5. Блеск сильный алмазный, иногда жирный. Бесцветный или имеет различные оттенки желтого, красного, оранжевого, зеленого, бурого цвета, реже темноокрашенный. Иногда черный. Черты нет. Обычно прозрачный. Изотропный, иногда с аномальным двупреломлением. $N = 2,40—2,46$. Благодаря сильной дисперсии и высокому показателю преломления белый свет разлагается алмазом на составляющие цвета, которые вызывают характерную игру. При погружении в воду продолжает сильно блестеть и сохраняет игру цветов.

Алмаз встречается главным образом в аллювиальных отложениях в виде отдельных кристаллов или округлых зерен угловатой формы. При дроблении алмаз дает зерна неправильной формы с неровным изломом и редко пластинчатые осколки по спайности.

Определение. Алмаз определяется по округло-октаэдрической форме кристаллов, алмазному блеску, высокой твердости. Благодаря последнему свойству резко отличается от всех других прозрачных минералов, которые им легко чертятся. В кислотах и в щелочах не растворяется. Перед паяльной трубкой не изменяется и не плавится, но при сильном накаливании и доступе кислорода сгорает. Проверяется в иммерсионных препаратах по очень высокому показателю преломления, который может быть определен только в иммерсионных сплавах. Алмаз имеет характерное яркоголубое свечение в катодных лучах. По свечению в катодных лучах алмаз сходен с шеелитом, но легко отличается от него в оптическом отношении (изотропностью) и по химическим свойствам (нерастворимости в соляной кислоте и отрицательной реакции на вольфрам).

В мелких осколках алмаз сходен с многочисленными бесцветными минералами высокой твердости: кварцем, корундом, шпинелью, цирконом и др. Но от всех упомянутых минералов он отличается более высокой твердостью, которая устанавливается по шкале Мооса — чертит пластинку корунда. Раздробление стеклянной палочкой зерен алмаза для иммерсионного препарата сопровождается исключительно резким звуком растрескивания, а на стеклянной палочке и на предметном стекле остаются следы раскалывания предметного стекла, причем палочка и препарат загрязняются стеклом. Алмаз отличается также изотропностью и очень высоким показателем преломления. В крупных зернах, различаемых простым глазом, от кварца алмаз отличается сильным алмазным блеском, особенно при смачивании водой. Кварц в воде тускнеет.

Висмут Vi . Тригональной сингонии. Главные формы — ромбэдр и пинакоид. Кристаллы очень редки. Характерны дендриты, сплошные массы и вкрапленники. Спайность совершенная по

пинакоиду. Твердость 2,5. Уд. вес 9,7. Излом зернистый, тонкошестоватый. Несколько ковок. Цвет красновато-серебряно-белый. Часто с побежалостями. Черта оловянно-белая. Блеск металлический. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете розовато-белый или кремово-белый с сильным блеском. Полируется хорошо. Низкой твердости: чертится медной иглой. Сильно анизотропен. От HNO_3 моментально вскипает; от HCl , FeCl_3 и HgCl_2 медленно бурет; KCN не действует. В россыпях самородный висмут вследствие легкой окисляемости очень неустойчив. При дроблении вследствие ковкости частично расплющивается.

О п р е д е л е н и е. Самородный висмут определяется по красновато-серебряно-белому цвету, часто с черной побежалостью, ковкости, способности расплющиваться при нажиме иглой, легкому растворению в азотной кислоте со вскипанием и выпадению белого осадка при прибавлении воды. Проверяется в отраженном свете по высокой отражательной способности, розовато-белому цвету и низкой твердости, травлению HNO_3 со вскипанием. В зернах с темной побежалостью висмут можно спутать по внешнему виду с серебром и теллуридами, от которых он отличается в отраженном свете и микрохимическими реакциями.

Золото Au. Кубической сингонии. Ясные кристаллы редки. Обычны грани (111), (110) и (311). Характерны вкрапленники в виде неправильных зерен, листочков, проволочных форм, дендритов и примазок, а также самородки. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Очень ковко и тягуче. Твердость 2,5—3. Уд. вес 19,3 и выше, для чистого золота 19,3. Блеск типичный металлический. Цвет золотисто-желтый, переходящий в светло-желтый и редко в оранжево-красный. Черта блестящая золотисто-желтая. Непрозрачно. Золото, содержащее железо, обладает магнитными свойствами. Под микроскопом в отраженном свете золото имеет желтый цвет и похоже на халькопирит, но последний сравнительно с золотом имеет более тусклый зеленовато-желтый цвет и в отличие от золота травится AgNO_3 . Низкой твердости: чертится медной иглой. HNO_3 и HCl не действуют, от KCN медленно чернеет. От растворения поверхность становится шероховатой.

Аллювиальное золото в шлихах имеет форму окатанных зерен неправильной комковатой формы, чешуек или пластинок. При дроблении расплющивается.

О п р е д е л е н и е. Золото определяется по золотисто-желтому цвету, сильному металлическому блеску и большой ковкости. Достаточно на зерно золота надавить иглой, как на нем остается след в виде углубления. В кислотах не растворимо, но растворимо в царской водке. Кроме того, золото растворимо в водном растворе KCN , чем пользуются для извлечения его из руд способом цианирования. Извлекается также из шлихов методом амальгамации, основанным на свойстве золота давать с ртутью белую

амальгаму. Химически проверяется путем получения со SnCl_2 кассиева пурпура.

Макроскопически в мелких зернах золото по цвету сходно с пиритом и халькопиритом, но под бинокляром отличается от них золотисто-желтым цветом, ковкостью и нерастворимостью в кислотах. От золотистого биотита золото отличается непрозрачностью, удельным весом, ковкостью, отсутствием спайности. Иногда золото сходно с самородной медью или стружками меди. Но в отличие от золота, медь вскипает в азотной кислоте и окрашивает раствор в зеленый цвет. Электрум — сплав золота и серебра — от золота отличается слабо желтым или беловато-желтым цветом, большой ковкостью, частичным растворением в азотной кислоте и реакцией на серебро.

Медь Cu. Кубической сингонии. Правильные кристаллы редки. Характерны дендриты и сплошные листоватые массы, реже встречаются неправильные вкрапленники, примазки, проволочные, сетчатовидные и дендритовые формы. Спайность отсутствует. Твердость 2—3. Уд. вес 8,5—8,9. Излом крючковатый. Ковкая и тягучая. Цвет медно-красный с бурым или темным налетом. Черта медно-красная, металлически-блестящая. Блеск типичный металлический. Непрозрачна. Под микроскопом в отраженном свете медно-красная. Низкой твердости: чертится медной иглой. Хорошо полируется, с сильным блеском. Изотропна. От HNO_3 вскипает, тускнеет, бурет.

В россыпях медь мало устойчива: окисляется и обычно покрывается малахитовой зеленью и голубым азуритом или черным и бурым налетом окиси меди. Форма зерен — пластинки неправильных очертаний или крючковатой формы. При дроблении расплющивается в неправильные вытянутые пластинки.

О п р е д е л е н и е. Самородная медь определяется по сильному металлическому блеску, высокой ковкости, медно-красному цвету, легкой растворимости в азотной кислоте с бурным вскипанием, образованием окрашенного зеленого раствора и выделением красно-бурых паров азота. Кроме того, медь растворяется в соляной кислоте, и солянокислый раствор ее окрашивает пламя свечи или спиртовки в лазурно-синий цвет. Плавится перед паяльной трубкой на угле и дает ковкий королек. Проверяется в отраженном свете и микрохимическими реакциями.

Самородную медь трудно смешать с другими минералами. От золота она отличается красным цветом и растворимостью в азотной кислоте с зеленым окрашиванием раствора. Из сульфидов по внешнему виду медь похожа на никелин, но отличается от него ковкостью и блестящей медно-красной чертой, низкой твердостью и изотропностью.

Олово Sn. Тетрагональной сингонии. Встречается в виде пластинок и неправильных зернышек. Блеск металлический. Цвет оловянно-серый. Твердость 2. Уд. вес 6,97—7,37. Очень ковко. Излом крючковатый. Непрозрачно. Под микроскопом в отражен-

ном свете белое. Низкой твердости. Самородное олово встречается очень редко и исключительно в россыпях совместно с касситеритом, платиной и золотом. При дроблении не колетя, а расплющивается.

Определение. Самородное олово определяется по оловянно-серому цвету, металлическому блеску, ковкости и легкой растворимости в соляной кислоте. В шлихах очень сходно с самородным серебром, меньше со свинцом, но отличается от них образованием в азотной кислоте белого осадка метаоловянной кислоты и реакциями на олово.

Осмистый иридий Os, Ir. Тригональной сингонии. Встречается обычно в виде неправильных сплюснутых зерен или шестиугольных пластинок. Спайность по (0001) совершенная. Слабо ковкий до почти хрупкого. Твердость 6—7. Уд. вес 19,3—21,12. Блеск металлический. Цвет оловянно-белый до слабого стально-серого. Непрозрачный. Под микроскопом в отраженном свете яркочелый. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Слабо анизотропен. Реактивы не действуют. В шлихах осмистый иридий встречается в виде характерных для него шестиугольных пластинок со штриховкой.

Определение. Для осмистого иридия характерны оловянно-белый цвет, высокая твердость, форма зерен в виде шестиугольных пластинок. В кислотах и в царской водке он не растворяется и также не сплавляется с содой и с КОН. Частично сплавляется с Na_2O_2 . При сплавлении с селитрой выделяются осмиевые пары и получается зеленый сплав, который при кипячении с водой выделяет синий порошок иридия.

От платины осмистый иридий отличается шестиугольной формой пластинок, более высокой твердостью, нерастворимостью в царской водке. Точнее различие между этими минералами устанавливается при помощи химического анализа.

Платина Pt. Кубической сингонии. Форма кристаллов кубическая, октаэдрическая и додекаэдрическая. Двойники по (111). Кристаллы редки. Встречается обычно в виде зерен неправильной формы или в виде чешуйчатых образований. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Ковкая. Твердость 4—4,5. Уд. вес 14—19. Блеск типичный металлический. Цвет стально-серый до сербрюно-белого. Черта стально-серая.

При раздавливании зерен платины порошок не получается, а образуются чешуйчатые ковкие пластинки. Непрозрачная.

Под микроскопом в отраженном свете яркочелая с сильным блеском. Средней твердости: чертится стальной иглой. Полируется хорошо. Изотропна. С царской водкой медленно выявляется структура. Платина, содержащая железо и палладий, травится легче, чем платина с примесью иридия и осмия. Другие реактивы не действуют. Иногда платина обладает магнитными свойствами.

В природе платина имеет сравнительно ограниченное распространение. Поэтому в россыпях она встречается довольно редко, но устойчива. Спутники платины в россыпях: золото, хромистый и магнитный железняк, иридий, осмистый иридий и палладий. В шлихах для платины характерны неправильные окатанные пластинки с гладкой или шероховатой губчато-ноздреватой поверхностью. Наблюдается также в корольках оловянно-белого цвета. При дроблении платина расплющивается в пластинчатые зерна неправильной формы с крючковатым изломом.

Определение. Платина определяется по серебристому цвету, сильному металлическому блеску, высокому удельному весу, ковкости и нерастворимости в кислотах. Проверяется в отраженном свете и химически на платину. Перед паяльной трубкой не плавится и не сплавляется с бурой и с фосфорной солью. Растворима лишь в горячей царской водке. После выпаривания досуха осадок растворяется в соляной кислоте и снова выпаривается до состояния пасты, которая растворяется в воде. К раствору прибавляется NH_4Cl . В результате получается желто-оранжевый осадок хлороплатината. При прокаливании хлороплатината осадок разлагается, оставляя губчатую платину. При малом количестве платины проверка производится реакциями с диметилглиоксимом или хлористым рубидием. Кроме того, с иодистым калием платина дает винно-красное окрашивание.

По внешнему виду под биноклем платина больше всего напоминает самородное серебро, железо и очень сходна с минералами платиновой группы: осмием, иридием и палладием. От серебра и железа платина отличается большей твердостью и нерастворимостью в кислотах. Кроме того, платина обычно не магнитна, а железо обладает высокой магнитной проницаемостью¹. От осмистого иридия платина отличается меньшей твердостью, большей ковкостью и растворимостью в горячей царской водке.

Свинец Pb. Кубической сингонии. Кристаллы редки. Обычно встречается в виде неправильных пластинок. Очень ковкий, иногда тягучий. Твердость 1,5. Уд. вес 11,4—13,3. Блеск металлический только на свежем разрезе. Черта блестящая серая. Цвет свинцово-серый с черноватой побежалостью. При дроблении расплющивается в неправильные пластинки с крючковатым изломом. В шлихах свинец встречается в виде округлых зерен или неправильных пластинок.

Происхождение свинца в россыпях не всегда ясно. Несомненно, во многих случаях оно связано с человеческой деятельностью. В частности, правильные округлые зерна обычно считаются дробинками. Не исключена и возможность нахождения самородного свинца.

¹ Значительная часть самородной платины (так называемая ферроплатина) отходит в магнитную фракцию, часть — в электромагнитную фракцию.

Определение. Свинец устанавливается под бинокляром по свинцово-серому цвету и свинцово-серой черте, металлическому блеску, большой ковкости, легкой растворимости в слабой азотной кислоте и реакциям на свинец. Оптические свойства свинца проверяются в отраженном свете. По внешнему виду свинец можно спутать с серебром, цинком и оловом, от которых он отличается химическими свойствами.

Серебро Ag. Кубической сингонии. Правильные кристаллы редки. Характерны дендриты, проволочные и волокнистые формы. Часто бывает зернистое до тонконитевидного, также в виде пластинок или сплюснутых чешуек. Цвет серебристо-белый с бурой или черной побежалостью. Блеск типичный металлический. Черта серебряно-белая, металлически блестящая. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Твердость 2,5—3. Уд. вес 10—11. Весьма ковко и тягуче. Непрозрачно. Под микроскопом в отраженном свете кремово-белое с сильным блеском. Подируется хорошо. Изотропно. С HNO_3 вскипает. После травления этой кислотой поверхность становится шероховатой; от HCl оно слегка тускнеет.

В природе серебро встречается редко. В россыпях обычно неустойчиво и переходит в серебряный блеск или кераргирит. При дроблении расплющивается в неправильные пластинки и чешуйки с крючковатым изломом.

Определение. Самородное серебро определяется по неправильной форме зерен, пластинок, чешуек, иногда проволочной или нитевидной, серебристо-белому цвету, низкой твердости, большой ковкости и тягучести, легкой плавкости и реакциям на серебро. Легко растворяется со вскипанием в азотной кислоте. Проверяется под микроскопом в отраженном свете.

В мелких зернах по цвету серебро можно спутать со свинцом, оловом и платиной. Но от свинца серебро отличается растворимостью в азотной кислоте без образования белого осадка, от олова — меньшей твердостью, большей ковкостью и растворимостью в азотной кислоте без образования осадка, от платины — низкой твердостью и растворимостью в азотной кислоте со вскипанием. Из азотнокислого раствора серебро отлагается на медной игле или пластинке.

2. СУЛЬФИДЫ, СУЛЬФОСОЛИ И АРСЕНИДЫ

Сульфиды и сульфосоли тяжелой неэлектромагнитной фракции обладают высоким удельным весом (больше 4). Для них характерны металлический блеск, непрозрачность и темный до черного порошок. Исключение среди сульфидов составляют прозрачные минералы: киноварь, реальгар, аурипигмент и сфалерит, дающие светлоокрашенный порошок.

Сульфиды и сульфосоли определяются главным образом в отраженном свете по высокой отражательной способности и активному травлению кислотами. В присутствии металлов сульфиды

и сульфосоли вследствие более низкой отражательной способности выглядят в отраженном свете более тусклыми.

Большая часть сульфидов разлагается азотной кислотой с выделением серы в виде желтовато-белого осадка.

Под бинокляром сульфиды и сульфосоли подразделяются по окраске на белые, желтые и темносерые до черных. К белым сульфидам могут быть отнесены арсенипирит, галенит, антимонит, висмутин, к типичным желтым — пирит и халькопирит. Темными являются блеклые руды и станнин. Ярко окрашены прозрачные сульфиды: киноварь, аурипигмент, реальгар и иногда сфалерит. В этой же группе описывается сперрилит.

Антимонит Sb_2S_3 . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов игольчатый до призматического по [001] с вертикальной штриховкой или ребристостью. Кристаллы богаты призматическими гранями, пирамидальные грани развиты слабо. Агрегаты игольчатые, радиальнолучистые, шестоватые и зернистые. Спайность по (010) весьма совершенная. Твердость 2. Уд. вес 4,5—4,6. Излом мелкокораквивный. Хрупкий. Цвет свинцово-серый, стально-серый, часто пестрая или черная побежалость с синим оттенком. Черта и порошок черновато-серые. Блеск металлический, очень сильный на плоскости спайности и в свежем изломе. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете цвет белый. Сильно развиты явления двуотражения. Сильно анизотропен. При скрещенных николях окраска изменяется от буроватой до серовато-синей. Низкой твердости: чертится медной иглой. Травится HNO_3 со слабым вскипанием. С КОН дает характерный оранжевый осадок.

В россыпях мало устойчив: вследствие большой хрупкости и совершенной спайности быстро разрушается. В шлихах встречается в виде вытянутых пластинчатых зерен или шестоватых штрихованных кристаллов, блестящих, а также с черной или пестрой побежалостью. При дроблении раскалывается по спайности на удлиненные прямоугольные пластинки с сильным металлическим блеском свинцово-серого цвета.

Определение. Под бинокляром антимонит определяется по свинцово-серому цвету, металлическому блеску, шестоватой или пластинчатой форме зерен, совершенной спайности — способности раскалываться на тончайшие пластинки. Проверяется в отраженном свете по белому цвету, резкой анизотропности и способности чертиться медной иглой. Химически проверяется по легкой растворимости в крепкой КОН с образованием пленки оранжевого цвета. Кроме того, присутствие сурьмы устанавливается при помощи микрохимических реакций.

Перед паяльной трубкой антимонит легко плавится и окрашивает пламя в зеленовато-синий цвет. На угле легко улетучивается и дает густой дым и белый налет окиси сурьмы. В HCl растворяется с выделением H_2S , в HNO_3 — с выделением Sb_2O_3 .

Антимонит по цвету, блеску и шестоватому строению похож на висмутовый блеск, но отличается от него способностью раство-

ряться в КОН с образованием желтого осадка. В очень мелких осколках или неправильных зернах антимонит трудно отличить от галенита. От последнего он также отличается реакцией с КОН и отсутствием свинца. Кроме того, антимонит сходен как макроскопически в осколках, так и в отраженном свете с джемсонитом и буланжеритом, от которых отличается лишь пленочной реакцией с КОН.

Арсенопирит $FeAsS$. Мышьяковистый колчедан. Ромбической сингонии. Габитус кристаллов призматический по (110) или столбчатый, а также псевдобипирамидальный или пластинчатый с призматическими гранями (110) и (011) и комбинационной штриховкой этих граней. В поперечном сечении кристаллы арсенопирита имеют вид ромба. Двойники с двойниковой плоскостью (110), иногда повторные, как у марказита. Часто наблюдаются крестообразные двойники прорастания (рис. 51). Спайность средняя по (011). Также встречается в зернистых и плотных образованиях. Твердость 5—6. Уд. вес 5,9—6,2. Излом неровный, хрупкий, ломкий. Цвет серебристо-белый до железно-черного. Черта и порошок серовато-черные. Блеск металлический. Непрозрачен. При растирании в ступке издает чесночный запах.

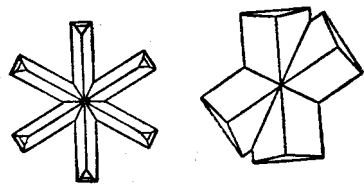


Рис. 51. Арсенопирит

Под микроскопом в отраженном свете белый, по сравнению с галенитом слегка кремовый. Полируется лучше пирита. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Рельеф положительный. Ясно анизотропен. Интерференционная окраска изменяется от зеленоватых до розоватых тонов. При травлении HNO_3 иризирует, редко медленно вскипает. После стирания реактива иногда выявляется зональная структура. В отличие от лёллингита не поддается действию насыщенного раствора $FeCl_3$.

В шлихах сохраняет большей частью характерную форму пластинчатых кристаллов, напоминающих форму ромба, с горизонтальной штриховкой по граням ромбической призмы или форму удлиненных кристаллов. В россыпях арсенопирит сохраняется лучше, чем галенит, антимонит, висмутин и многие другие хрупкие сульфиды белого цвета, и наблюдается поэтому довольно часто. Но способен переноситься, очевидно, лишь на небольшие расстояния, так как окатанных форм у него не наблюдается. При дроблении дает угловатые неправильные зерна с неровным изломом, с сильным металлическим блеском и серебристо-белым цветом.

Определение. Арсенопирит определяется по удлиненно-призматической или пластинчато-пирамидальной форме кристаллов с ромбическим сечением и горизонтальной штриховкой по граням ромбической призмы, что отличает его от всех белых сульфидов, а затем по серовато-черному порошку, серебристо-

белому цвету, иногда темной буровато-черной пленке окисления и высокой твердости. Проверяется оптическим путем в отраженном свете по белому цвету, анизотропности (его окраска меняется в зеленовато-розоватых тонах), высокой твердости. Химически проверяется на мышьяк, серу и железо. В азотной кислоте арсенопирит разлагается с выделением серы. При прокаливании арсенопирита в закрытой трубке получается возгон мышьяка в виде зеркального налета, растворимого в азотной кислоте. На угле перед паяльной трубкой арсенопирит дает белые пары с чесночным запахом, которые осаждаются далеко от пробы в виде белого налета As_2O_3 .

В осколках арсенопирит сходен с некоторыми сульфидами и арсенидами кобальта, никеля и железа. Из сульфидов он сходен с пиритом и марказитом, но отличается от того и другого серебристо- или оловянно-белым цветом, а в отраженном свете белым цветом и реакцией на мышьяк. Из арсенидов сходен с лёллингитом и реакцией на мышьяк. Из арсенидов сходен с лёллингитом, саффоритом, раммельсбергитом и хлоантитом по высокой твердости и белому цвету в отраженном свете. От лёллингита отличается отрицательной реакцией с насыщенным раствором $FeCl_3$ (лёллингит от $FeCl_3$ буреет) и присутствием серы, от саффорита — присутствием серы и отсутствием кобальта. Саффорит растворяется в азотной кислоте с окрашиванием раствора в зеленый цвет. От раммельсбергита арсенопирит отличается присутствием серы и отсутствием никеля. Раммельсбергит растворяется в азотной кислоте со вскипанием и при травлении ею буреет. От хлоантита арсенопирит отличается анизотропностью, присутствием серы и отсутствием никеля.

Аурипигмент As_2S_3 . Моноклинной сингонии. Кристаллы редко хорошо образованы, чаще листоватые. Изредка встречается в шестоватых или столбчатых массах, иногда с почковидной поверхностью. Спайность по (010) весьма совершенная. Плоскости спайности с вертикальной штриховкой. По (100) следы спайности. Спайные пластинки гнутся, но не эластичны. Твердость 1,5—2. Уд. вес 3,4—3,5. Под микроскопом прозрачен. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (001); $Ng = [100]$. Показатели преломления высокие: $Np = 2,4$; $Nm = 2,8$; $Ng = 3,0$. Большой 2V. Блеск жирный, на плоскостях спайности (010) перламутровый. Цвет лимонно-желтый разных оттенков. Черта и порошок также желтые, но более бледные. В кусочках полупрозрачен или просвечивает. В отраженном свете серовато-белый. Низкой твердости: чертится медной иглой. Сильно развиты явления двуотражения. Резко анизотропен. Наблюдаются лимонно-желтые или белые внутренние рефлексии. Травится КОН.

В россыпях неустойчив: легко крошится по спайности, быстро обтачивается и разрыхляется, при этом на воздухе окисляется. При дроблении раскалывается на пластинки с трудом наблюдается неровный излом.

О п р е д е л е н и е. Аурипигмент определяется по низкой твердости, чисто желтому цвету, совершенной спайности, листоватому сложению и перламутровому блеску на плоскостях спайности. Характерны желтые листочки или землистые массы. Проверяется в проходящем и отраженном свете. Химически проверяется на серу и мышьяк. При растворении в азотной кислоте образуется сера в виде светложелтого осадка, который частично всплывает на поверхность капли азотнокислого раствора. При сплавлении с содой получается металлический мышьяк.

В мелких осколках аурипигмент можно смешать с минералами окисленной зоны: пироморфитом и миметезитом, от которых он отличается отсутствием свинца и фосфора и присутствием серы, а также характером растворения в кислотах (см. Пироморфит).

Борнит Cu_5FeS_4 . Сульфид меди и железа. Красная медная руда — пестрая медная руда. Кубической сингонии. Кристаллы редки. Обычно находится в сплошных массах. Излом мелко раковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 3. Уд. вес 4,9—5,4. Блеск металлический. Цвет промежуточный между медно-красным и томпаково-бурым в свежем изломе, на воздухе быстро покрывается радужной побежалостью. Черта и порошок светлосеровато-черные. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете коричневато-розовый, иногда с фиолетовым оттенком, быстро тускнеет. Средней твердости: чертится стальной иглой. Изотропен. Травится HNO_3 со вскипанием и зеленым окрашиванием капли. После удаления капли HNO_3 протравленное место становится оранжево-желтым. С KCN дает коричневое пятно.

В россыпях встречается очень редко в виде зерен неправильной формы с пестрой побежалостью. В свежераздробленном состоянии на изломе цвет изменяется между медно-красным и томпаково-бурым. Форма зерен неправильная с неровным или раковистым изломом.

О п р е д е л е н и е. Борнит определяется по пестрым индиговосиним цветам побежалости, серовато-черной черте, средней твердости. Проверяется в отраженном свете по коричневато-розовому цвету, изотропности, получению коричневого пятна от KCN и травлению HNO_3 со вскипанием. Химически проверяется на медь, серу и железо. В азотной кислоте и царской водке растворяется с выделением серы.

В случае наличия пестрой побежалости борнит можно спутать с халькопиритом, по розовому оттенку — с никелином и самородной медью, но борнит легко отличим от упомянутых минералов в отраженном свете.

Буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$ или $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$. Ромбической сингонии. Призматические или таблитчатые кристаллы. Чаще находится в кристаллически-перистых или зернистых массах. Спайность по (001) и (010). Твердость 2,5—3. Уд. вес 5,7—6,3. Блеск металлический. Цвет свинцово-серый до железно-черного. Часто с пят-

нистым желтым налетом от окисления. Ломкий, хрупкий. Черта и порошок серовато-черные с красноватым оттенком. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый. Сильно анизотропен. Низкой твердости: чертится медной иглой. Травится HNO_3 и царской водкой. В россыпях не сохраняется: очень хрупкий и ломкий. При дроблении раскалывается на спайные пластинки.

О п р е д е л е н и е. Буланжерит определяется по игольчатым до столбчатых кристаллам, свинцово-серому цвету с металлическим блеском и коричневатому оттенку порошка. Проверяется в отраженном свете и химически на свинец, сурьму и серу. Частично буланжерит разлагается азотной кислотой. На угле перед паяльной трубкой получается королек свинца. В горячей соляной кислоте растворяется с выделением сероводорода.

Буланжерит очень близок по внешнему виду и оптическим свойствам в отраженном свете, а также по химическому составу с джемсонитом: их можно различить лишь при помощи полного химического анализа. Кроме того, буланжерит в осколках можно спутать с антимонитом и галенитом. От антимонита он отличается отрицательной реакцией с КОН и присутствием свинца, от галенита — анизотропностью, отсутствием треугольников выкрашивания, удлиненной формой кристаллов и зерен и присутствием сурьмы. Буланжерит сходен также с бурнонитом, но отличается от него отсутствием меди.

Висмутовый блеск (висмутин) Bi_2S_3 . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов игольчатый до призматического по [001]. Агрегаты плотные, листоватые и волокнистые. Спайность по (010) весьма совершенная, по (100) и (110) несовершенная. По удлинению грубая штриховка. Твердость 2. Уд. вес 6,4—6,5. Излом слабо раковистый. Цвет свинцово-серый до оловянно-белого. Часто имеется рубашка окисления, коричневатая или желтоватая. Черта и порошок черновато-серые. Блеск металлический. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете белого цвета. Сильно анизотропен. Низкой твердости: чертится медной иглой. Травится HNO_3 с медленным вскипанием.

В россыпях неустойчив вследствие легкой окисляемости, низкой твердости, большой хрупкости и весьма совершенной спайности. При дроблении колется по спайности на удлиненные пластинки с сильным металлическим блеском, реже дает зерна неправильной формы.

О п р е д е л е н и е. Под бинокляром определяется по шестоватому строению, свинцово-серому цвету, металлическому блеску и способности легко раскалываться по спайности на удлиненные пластинки или шестоватые зерна. Проверяется в отраженном свете и химически на висмут и серу. Растворяется в азотной кислоте со слабым вскипанием и выделением серы в виде округлых лепешечек, плавающих на поверхности раствора. При разбавлении раствора водой выпадает белый осадок основной висмутовой

соли. В соляной кислоте почти не растворим. Для получения солянокислого раствора, требуемого для некоторых реакций на висмут (см. «Химические методы» в гл. III), следует раствор минерала в азотной кислоте выпарить досуха и сухой остаток растворить в нескольких каплях соляной кислоты.

В осколках висмутовый блеск можно смешать с антимонитом, буланжеритом, бурнонитом, реже с галенитом, но от всех перечисленных минералов он отличается присутствием висмута.

Галенит PbS . Кубической сингонии. Кристаллы — кубы или кубооктаэдры, реже октаэдры. Обыкновенно находится в сплошных крупно- или мелкозернистых плотных массах с характерным пластинчато-ступенчатым изломом. Спайность по кубу (100) весьма совершенная. Реже октаэдрическая отдельность. Твердость 2—3. Уд. вес 7,4—7,6. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Черта и порошок черновато-свинцово-серые. Иногда на плоскостях галенита наблюдается пестрая побежалость. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете белого цвета. Изотропен. Полируется хорошо. В шлифе часто наблюдаются характерные треугольники выкрашивания. Твердость низкая: чертится медной иглой. Травится HNO_3 со слабым вскипанием, также HCl и $FeCl_3$.

В россыпях неустойчив. Встречается вблизи коренных месторождений в виде прямоугольных пластинок или сплошных кусочков с прямоугольной ступенчатой поверхностью, получающейся вследствие совершенной спайности по кубу. Часто несет тончайшую белую пленку церуссита, реже англезита. Вследствие наличия пленок окисления теряет металлический блеск и становится матовым. В случае сильного окисления покрывается толстой церусситовой рубашкой, под которой устанавливается с трудом. В этом случае следует окисленные зерна галенита раздавливать для вскрытия оставшихся неокисленными его частиц с сильным металлическим блеском. В дробленой руде чаще наблюдается в виде прямоугольных осколков со ступенчатой поверхностью. Иногда на пластинчатых зернах наблюдаются тончайшие треугольники выкрашивания. Очень редко зерна галенита имеют неровный излом.

Определение. Галенит определяется под бинокляром по характерной для него форме прямоугольных пластинок со ступенчатой поверхностью, свинцово-серому цвету и металлическому блеску. Проверяется в отраженном свете и химически на свинец и серу. При растворении в азотной кислоте выделяется сера и образуется белый осадок $PbSO_4$.

Мокрым путем свинец в галените открывается в нейтральном растворе. Для этой цели минерал растворяется в азотной кислоте, азотнокислый раствор выпаривается досуха, сухой остаток растворяется в капле воды и к полученному раствору прибавляется кристаллик иодистого калия: в присутствии свинца выпадает золотистый желтый осадок PbJ_2 .

В мелких осколках галенит сходен по цвету с антимонитом, висмутовым блеском и буланжеритом, но отличается от них изотропностью, отрицательными реакциями на сурьму и висмут, результатами травления кислотами и наличием треугольников выкрашивания в аншлифах.

Киноварь HgS . Гексагональной сингонии. Кристаллы ромбоэдрические или толстотаблитчатые. Чаще находится в сплошных зернистых массах или в корочках и землястых налетах. Спайность по призме (1010) совершенная. Излом неяснораковистый, неровный, оскольчатый. Твердость 2—2,5. Уд. вес 8,0—8,2. Очень хрупкая. Блеск алмазный, переходящий в металлический на темноокрашенных образцах; рыхлые разности обычно матовые. Цвет ее — ало-красный, переходящий часто в буровато-красный и реже в сероватый. Черта и порошок алые, красные. Под микроскопом в тонких осколках прозрачная, а в толстых зернах непрозрачная. Оптически положительная с высокими показателями преломления ($Nm = 2,913$ и $Ng = 3,27$). В отраженном свете серая, анизотропная, с красными внутренними рефлексами. Травится лишь царской водкой.

В россыпях киноварь более устойчива, чем галенит, антимонит и висмутовый блеск, причем чаще наблюдается в виде окатанных зерен неправильной формы. При дроблении киноварь чаще дает угловатые неправильные зерна, реже получаются пластинчатые по спайности осколки.

Определение. Под бинокляром киноварь определяется по яркочерному цвету, алмазному до жирного блеску, красной черте и красному порошку, низкой твердости, совершенной спайности. Проверяется в проходящем и отраженном свете и химически на ртуть и серу. В кислотах и щелочах не растворима, но растворяется в царской водке. При осторожном выпаривании раствора досуха и прибавлении к сухому остатку воды и иодистого калия выпадает яркочерный осадок двуиодистой ртути, растворяющейся в избытке иодистого калия. При погружении раскаленного шарика соды в петле платиновой проволоки в фарфоровую чашечку с порошком киновари минерал разлагается и ртуть в виде черного налета оседает на стенках чашечки. Под бинокляром хорошо видны мельчайшие капельки, из которых состоит этот налет. Осторожно нагретая в открытой трубке киноварь дает сернистые пары и капельки металлической ртути, оседающие на холодных стенках трубки.

Буровато-красные тонкозернистые разности киновари сходны с купритом, пруститом и гематитом, но отличаются от них низкой твердостью, способностью легко крошиться в яркочерный порошок и реакциями на серу и ртуть. В красных зернах киноварь сходна с реальгаром и кермеситом, но отличается от реальгара яркочерным порошком, присутствием ртути и отсутствием мышьяка, от кермесита — также яркочерным порошком, отсутствием сурьмы и присутствием ртути и серы.

Кобальтин CoAsS . Сульфоарсенид кобальта. Кубической сингонии. Кристаллы обыкновенно имеют форму кубов или пентагон-додокаэдров. Наблюдаются также комбинации, обычные для пирита. Часто зернистый и сплошной. Спайность по кубу довольно совершенная. Излом неровный или раковистый. Твердость 5—5,5. Уд. вес 6—6,3. Блеск металлический. Цвет серебряно-белый с красным оттенком или стально-серый с фиолетовым оттенком. Богатый железом — серовато-черный. Черта и порошок серовато-черные. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете розовато-белый. Изотропен. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. От паров HNO_3 тускнеет, и под каплей от продолжительного ее действия темнеет.

В россыпи кобальтин устойчив и, так же как и пирит, сохраняет кристаллические очертания. При дроблении кобальтин раскалывается на зерна неправильной формы с неровным изломом и с сильным металлическим блеском.

Определение. Кобальтин определяется по кубической или пентагон-додокаэдрической форме, серебряно-белому цвету с розоватым или фиолетовым оттенком, пестрой побежалости, высокой твердостью и серовато-черному непрозрачному порошку. Характерны примазки розового эритрина. Под микроскопом в отраженном свете проверяется по изотропности, розовато-белому цвету и высокой твердости. Химически проверяется на кобальт, мышьяк и серу. Разлагается в азотной кислоте с выделением серы и As_2O_3 и образованием розового раствора. Перл буры синий. Перед паяльной трубкой плавится в серый слабо магнитный королек с выделением серы и As_2O_3 .

По формам кобальтин очень сходен с пиритом, но отличается от него серебряно-белым цветом с розовым или фиолетовым оттенком и реакцией на кобальт и мышьяк. В осколках кобальтин сходен с никелином и марказитом, но отличается от никелина отсутствием никеля и присутствием серы, в отраженном свете изотропностью и слабо розовой окраской, от марказита — присутствием кобальта и мышьяка, изотропностью и розовой окраской.

Ковеллин CuS . Гексагональной сингонии. Кристаллы имеют форму тонких гексагональных пластинок. Часто сплошной. Спайность по базису совершенная. На ощупь нежен, и в тонких пластинках гибок. Твердость 1,5—2. Уд. вес 4,68. Блеск полуметаллический до смолистого. Цвет индигово-синий или синевато-черный. Иногда пурпурная побежалость. При смачивании водой приобретает пурпурный цвет. Черта и порошок свинцово-серые до черных. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете синего цвета. Сильно развиты явления двуотражения. Резко анизотропен. Низкой твердости: чертится медной иглой. Травится царской водкой.

В россыпях не сохраняется вследствие окисления на воздухе и большой хрупкости. При дроблении распадается в случае кри-

сталлической разности на тонкие пластинки, а в случае землистой разности рассыпается в порошок.

Определение. Ковеллин чаще развивается в виде черно-синеватых землистых примазок или пленок на сульфидных медных минералах. Под микроскопом в отраженном свете проверяется по синей окраске, резким явлениям двуотражения и анизотропности. Химически проверяется на медь и серу. Растворяется в царской водке. Перед паяльной трубкой легко плавится. В окислительном пламени горит голубым пламенем с выделением SO_2 . После прокалывания и смачивания соляной кислотой дает лазурно-синее пламя.

Марказит FeS_2 . Лучистый колчедан. Ромбической сингонии. Кристаллы таблитчатые по (001), реже короткостолбчатые или пирамидальные. Призматические грани покрыты штриховкой. Двойники по (110); иногда звездчатые пятерники; встречаются двойники прорастания, пересекающиеся под углом около 60° . Чаще находится в сплошных натечных формах, почковидных или шаровидных. Нередки радиальнолучистые агрегаты. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 6,5. Уд. вес 4,8—4,9. Блеск металлический. Цвет обычно серовато-желтый или зеленоватый. На воздухе темнеет. Порошок зеленовато-черный. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете кремово-белый. Анизотропен. Очень сходен с пиритом. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Травится HNO_3 и царской водкой.

В шлихах марказит встречается значительно реже, чем пирит, так как на воздухе быстрее окисляется и разлагается, превращаясь в землистую массу. В дробленной руде, подобно пириту, представлен угловатыми неправильными зернами с неровным изломом.

Определение. Марказит определяется по призматически-таблитчатой, реже бипирамидальной форме кристаллов, гребенчатым двойникам, лучистым агрегатам или колломорфным натечным скоплениям, серовато-зеленовато-желтому цвету, металлическому блеску и зеленовато-черному порошку. Проверяется под микроскопом в отраженном свете по кремово-белому цвету и анизотропности. Химически проверяется на железо и серу. В азотной кислоте разлагается с трудом, выделяя серу. Слабая соляная кислота не действует, царская водка растворяет. Перед паяльной трубкой сплавляется в магнитный королек.

Марказит одинаков с пиритом по химическому составу и физическим свойствам — цвету, блеску и порошку, но отличается от него по форме кристаллов, а в случае отсутствия кристаллов по оптическим свойствам в отраженном свете (анизотропности) или по структуре (при помощи рентгенокопии).

Молибденит MoS_2 . Гексагональной сингонии. Кристаллы таблитчатые или короткостолбчатые со слабо развитой горизонтальной штриховкой по базальной грани. Обычно находится в листоватых, массивных или чешуйчатых, а также тонкозернистых

образованиях. Спайность по базису (0001) весьма совершенная. В тонких листочках очень гибкий. Режется ножом. Твердость 1—1,5. Уд. вес 4,3—4,7. Блеск металлический, жирный. Цвет свинцово-серый с едва уловимым голубоватым оттенком. Блестящая черта и порошок голубовато-серые на бумаге и зеленовато-серые на фарфоре. Очень мягкий: пишет на бумаге. Жирный на ощупь. Излом не наблюдается. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый. В различных сечениях цвет меняется от серого до белого. Отчетливы явления двуотражения. Резко анизотропен. Имеет четыре угасания. Низкой твердости: чертится медной иглой. Реактивами не травится.

Минерал редкий, неустойчивый. Встречается в россыпях в виде шестиугольных пластинок или листочков неправильной формы. Гексагональная форма кристаллов редко сохраняется. При дроблении молибденит расплющивается в тонкие листоватые пластинки.

О п р е д е л е н и е. Молибденит легко определяется под бинокляром по свинцово-серому с голубоватым оттенком цвету, жирноватому металлическому блеску, шестиугольной форме пластинок, низкой твердости, способности легко расплющиваться в тонкие блестящие чешуйки при слабом нажиме иглой. Проверяется оптически в отраженном свете по серовато-белой окраске и резкой анизотропности. Химически проверяется на молибден и серу. В растворимое состояние переводится путем растворения в царской водке и сплавления с содой или кислотом серноокислым калием. При кипячении сплава в соляной кислоте на стекле или в чашечке получается буровато-зеленовато-голубая каемка с постепенными переходами от одного из указанных цветов к другому. При кипячении сплава в соляной кислоте и прибавлении роданистого калия и цинка получается характерная для молибдена вишнево-красная окраска. При кипячении тонкорастертого порошка молибденита в крепкой азотной кислоте раствор окрашивается в синий цвет.

Молибденит в мелких чешуйках похож по цвету и твердости на графит, но отличается от него более высоким удельным весом: тонет в бромформе (графит, наоборот, всплывает). Меньшее сходство в тонких чешуйках по цвету и твердости молибденит имеет с теллуристыми минералами. Перед паяльной трубкой молибденит не плавится и окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет. На угле в окислительном пламени издает сильный запах SO_2 и покрывает уголь белым налетом MoO_3 .

Пентландит (Fe, Ni)S. Кубической сингонии. Сплошной зернистый. Спайность по октаэдру. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 5. Блеск металлический. Цвет светлый бронзово-желтый, темноталунный, томпаково-бурый. Порошок бронзово-бурый или зеленовато-черный, непрозрачный. Под микроскопом в отраженном свете кремново-белый. Изотропен. Обычно сильно трещиноват. Иногда улавливается спайность. Хорошо

полируется. Средней твердости: чертится стальной иглой. Травится HNO_3 и царской водкой, после удаления которых буреет. В аллювиальных россыпях пентландит обычно не встречается, так как он распадается и окисляется на воздухе. При дроблении пентландит дает зерна неправильной формы с неровным изломом и режет осколки по спайности в виде неправильных пластинок с неправильными очертаниями.

О п р е д е л е н и е. Пентландит определяется по темноталунному или томпаково-бурому цвету, промежуточному между пирротинном и халькопиритом, металлическому блеску, зеленовато-черному непрозрачному порошку, средней спайности. Проверяется в отраженном свете по оптическим свойствам и химически на никель, железо и серу. Азотной и соляной кислотами разлагается с выделением серы. Перед паяльной трубкой на угле в восстановительном пламени сплавляется в магнитный королек. В открытой трубке окисляется в Fe_2O_3 , выделяя SO_2 .

Пентландит в осколках очень сходен с пирротинном, окисленным халькопиритом и кубанитом, от которых отличается очень слабой магнитной проницаемостью: простым магнитом не притягивается, электромагнитом притягивается в том случае, если окислен. От всех упомянутых сульфидов отличается главным образом оптическими свойствами в отраженном свете: чисто кремновым цветом, изотропностью, трещиноватостью и спайностью.

Пирит FeS_2 . Кубической сингонии. Обычные формы кристаллов — куб, пентагон-додекаэдр, очень редко наблюдаются октаэдры (рис. 52). Кристаллы на гранях куба и пентагон-додекаэдра часто несут характерную штриховку, направление которой на соприкасающихся плоскостях взаимно перпендикулярно. Часто сплошной или мелкозернистый. Цвет светложелтый, латунно-желтый, иногда с пестрой побежалостью или бурый от пленки окисления. Черта и порошок зеленовато-черные. Излом раковистый до неровного. Твердость 6—6,5. Уд. вес 4,95—5,10. Блеск металлический. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете кремново-белый, изотропный. Полируется плохо: ямчатый. Иногда коллоидного строения. От паров HNO_3 тускнеет, иногда медленно вскипает и буреет. Твердость высокая: стальной иглой не чертится. Благодаря высокой твердости часто сохраняет в россыпях форму правильных кристаллов, но часто встречается и в виде осколков с раковистым изломом или в виде зерен изометричной или овально-удлиненной формы. Нередко пирит окисляется с поверхности и покрыва-

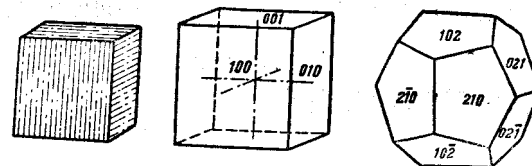


Рис. 52. Пирит

вається бурой или красновато-желто-бурой пленкой гидроокислов железа.

Среди многих желтых сульфидов пирит наиболее устойчив, поэтому в россыпях он встречается чаще всех других сульфидов. При дроблении пирит дает угловатые зерна неправильной формы с неровным или раковистым изломом, с сильным металлическим блеском на свежем изломе.

Определение. Если пирит встречается в кристаллах, то он легко определяется по кубической или пентагон-додекаэдрической форме и штриховке граней. Кроме того, пирит определяется по латунно-желтому цвету, металлическому блеску, высокой твердости и зеленовато-черному порошку. Проверяется оптически в отраженном свете по плохой полировке, высокому рельефу, кремово-белому цвету, изотропности. Химически проверяется на железо и серу. В азотной кислоте на холоду разлагается медленно, при нагревании — быстро. В закрытой трубке происходит возгон серы. Перед паяльной трубкой дает магнитный остаток.

В мелких осколках пирит сходен со многими желтыми сульфидами: халькопиритом, пирротинном, пентландитом, кубанитом и кобальтином. От халькопирита пирит отличается пленочной реакцией на цинковой пластинке (см. Х а л ь к о п и р и т). Кроме того, пирит отличается от халькопирита и кубанита отсутствием меди, а от пентландита — отсутствием никеля. От всех упомянутых сульфидов, за исключением кобальтина, пирит резко отличается в отраженном свете по кремово-белому цвету, грубому рельефу, плохой полировке и изотропности. Кобальтин, подобно пириту, изотропен, обладает высокой твердостью и плохо полируется, но от кобальтина пирит отличается отсутствием кобальта и в отраженном свете кремовым цветом.

Реальгар AsS . Моноклинной сингонии. Кристаллы коротко-столбчатой до игольчатой формы по $[001]$ с вертикальной штриховкой призматических граней. В корочках и налетах также крупно- и мелкозернистый. Спайность по (010) и (001) ясная. Излом мелко-раковистый. Твердость 1,5—2. Уд. вес 3,56. Цвет и черта оранжево-красные. Черта светлее цвета минерала. Блеск смолистый или жирный. Под микроскопом в тонких зернах прозрачен, в толстых обломках просвечивает. Оптически отрицательный. Плоскость оптических осей $Ng-Np = (010)$; угол Np с $[001]$ равен 11° . Показатели преломления: $Np = 2,54$; $Nm = 2,68$; $Ng = 2,70$. $2V = 40^\circ$. В отраженном свете серовато-белый. Сильно анизотропен. Внутренние рефлексы желто-красные. Твердость низкая: чертится медной иглой. Травится HNO_3 , KOH и царской водкой.

В россыпях не сохраняется: вследствие низкой твердости быстро истирается; кроме того, на воздухе окисляется и переходит в смесь As_2S_3 и As_2O_3 желтого цвета. При дроблении реальгар чаще дает сечения по спайности (010) параллельно плоско-

сти оптических осей $Ng-Np$ с яркими цветами интерференции и реже по спайности (001) параллельно Nm с серыми цветами интерференции.

Определение. В раздробленном состоянии реальгар определяется по яркооранжевому и красному цвету зерен с жирным блеском, низкой твердости. Проверяется в отраженном свете и проходящем, в последнем — по очень высоким показателям преломления. Химически проверяется на мышьяк и серу.

Растворяется в щелочах с выделением бурого осадка и разлагается в азотной кислоте с выделением серы. При прибавлении к азотнокислому раствору реальгара соляной кислоты осаждается лимонно-желтый осадок. Перед паяльной трубкой легко плавится, улетучивается и горит синим пламенем. На угле дает белый налет As_2O_3 далеко от пробы и издает запах чеснока. В закрытой трубке плавится в темнокрасную жидкость, а в пробирке дает красный возгон AsS .

По внешнему виду реальгар в дробленной руде сходен с крокоитом, кермеситом и частично с киноварью, но отличается от крокоита более низкой твердостью, отсутствием свинца и хрома и присутствием мышьяка и серы, от кермесита — отсутствием сурьмы, от киновари — растворимостью в щелочах и кислотах и отсутствием ртути.

Сперрилит $PtAs_2$. Кубической сингонии. Мелкие кубы или кубооктаэдры. Спайность весьма несовершенная. Твердость 6—7. Уд. вес 10,5. Блеск яркий металлический. Излом раковистый. Хрупкий. Цвет оловянно-белый. Порошок черный. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете белый. Высокой твердости: стальной иглой не чертится. Изотропен. Травится царской водкой. От концентрированной HCl медленно желтеет.

В шлихах устойчив. Наблюдается в виде изометричных зерен или кубиков и октаэдров. При дроблении дает зерна угловатой неправильной формы с ярким блеском.

Определение. В шлихах сперрилит определяется по кубической или октаэдрической форме кристаллов, оловянно-белому цвету, хрупкости и черному порошку. В кислотах не растворяется. В открытой трубке дает возгон As_2O_3 и губчатый остаток платины. Мгновенно расплавляется при погружении в его порошок раскаленной платиновой проволоки с выделением паров As_2O_3 , причем на проволоке остается небольшой нарост от платины, которую содержит сперрилит. Проверяется химически на мышьяк и платину. По форме сперрилит сходен с пиритом, но отличается от него оловянно-белой окраской. От арсенипирита сперрилит отличается нерастворимостью в кислотах, отсутствием серы и присутствием платины.

Станнин Cu_2FeSnS_4 . Сульфостаннат. Тетрагональной сингонии. Кристаллы редки. Чаще зернистый тонковкрапленный. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 4,3—5,2. Блеск металлический. Черта черноватая. Цвет стально-серый до

железно-черного. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый, по сравнению с галенитом зеленовато-серо-белый, по сравнению с блеклыми рудами имеет буроватый оттенок. Твердость средняя: чертится стальной иглой. Слабо анизотропен. Полируется хорошо. При травлении HNO_3 бурет, иризирует, от паров тускнеет. От AgNO_3 также бурет и иризирует. В россыпях встречается редко. Вследствие хрупкости быстро разрушается. При дроблении дает зерна неправильной формы с неровным изломом.

Определение. Станнин определяется по стально-серому или серовато-латунно-желтому цвету с зеленоватым оттенком, черноватому непрозрачному порошку, металлическому блеску. Проверяется в отраженном свете и химически на медь, олово, серу и железо. Разлагается в азотной кислоте HNO_3 , окрашивая раствор в синий цвет с выделением серы. В осколках станнин сходен с блеклыми рудами и халькозином, но отличается в отраженном свете от блеклых руд буроватым оттенком грязно-серого цвета и присутствием олова, от халькозина более серым цветом и характером травления HNO_3 (бурет, халькозин, наоборот, голубеет).

Сфалерит ZnS . Кубической сингонии. Габитус кристаллов додекаэдрический, реже тетраэдрический. Двойники по (111). Обычно находится в массивных образованиях крупно- и тонкозернистого строения. Спайность по додекаэдру (110) весьма совершенная. Излом раковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,9—4,2. Блеск смолистый, жирный до алмазного. Цвет обычно желтый, коричневый, черный, также красный, желтый до бурого, зеленый до белого. В чистом виде почти бесцветный. Под микроскопом прозрачен до просвечивания. Изотропный. $N = 2,370—2,428$ (увеличивается с содержанием железа). В отраженном свете серый и также изотропный. Внутренние рефлексы от белых до темнокоричневых. Азотной кислотой практически не травится. При десятиминутном травлении парами царской водки выявляются полисинтетические двойники.

В россыпях встречается чрезвычайно редко, причем наблюдается в виде зерен неправильной формы, реже в виде пластинок со ступенчатыми сколами по спайности: кристаллических очертаний не сохраняет. При дроблении сфалерит обычно раскалывается по спайности на пластинки неправильной формы с неровными очертаниями или дает зерна с неровным изломом.

Определение. Под бинокляром сфалерит определяется по сильному алмазному, иногда жирному блеску, хрупкости и совершенной спайности. Проверяется в отраженном свете и проходящем: в первом случае — по серому цвету и изотропности, во втором случае — по изотропности и высокому показателю преломления. Химически проверяется на цинк и серу. Растворим в концентрированных азотной и соляной кислотах. Легко разлагается царской водкой. На угле дает белый налет

ZnO , который при смачивании $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и последующем прокаливании становится зеленым. При сплавлении с содой сплав вначале от серы желтеет, а затем при сгорании серы белеет. При смачивании содового сплава $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и последующем прокаливании сплав частично зеленеет.

В осколках сфалерит очень обманчив: в зависимости от окраски его можно спутать со многими минералами. Черная марматитовая разность сфалерита может быть принята за пластинки вольфрамит, но первый дает светлый прозрачный порошок, а последний — вишневый непрозрачный. Бурые разности сфалерита в мелких осколках можно спутать с бурыми гранатами, пироксенами и ставролитом, но от данных минералов сфалерит отличается более низкой твердостью, а от пироксенов и ставролита, кроме того, отличается в проходящем свете высоким показателем преломления и изотропностью. Красный сфалерит похож в тонких осколках на гюбнерит, но резко отличается изотропностью в прозрачных препаратах: гюбнерит обладает высоким двупреломлением. Желтый сфалерит может быть спутан со сфеном и монацитом, но отличается от них изотропностью. Бесцветный сфалерит от большинства белых и бесцветных минералов отличается изотропностью и исключительно высоким показателем преломления, близким к алмазу, резко отличным от него по твердости (3,5—4 у сфалерита и 10 — у алмаза).

Тетрадимит $\text{V}_2\text{Te}_2\text{S}$. Тригональной сингонии. Кристаллы мелкие, плохо образованные, с ромбоэдрическим или таблитчатым обликом. Обычно пластинчатый, листоватый до сплошного зернистого. Спайность по базису совершенная. Пластинки гибкие. Твердость 1,5—2; пишет на бумаге. Уд. вес 7,2—7,6. Блеск яркий металлический. Окраска светлостальная. Хрупкий. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете белый со слабым желтоватым, розоватым оттенком. Низкой твердости: чертится медной иглой. Анизотропен. Травится HNO_3 со вскипанием, от FeCl_3 чернеет. Полируется хорошо. Вследствие низкой твердости и хрупкости в шлихах тетрадимит не встречается. При дроблении расплющивается в тонкие пластинки и листочки.

Определение. Тетрадимит определяется по листоватым пластинкам светлостального цвета, низкой твердости, способности легко расплющиваться при нажиме иглой и писать на бумаге. Проверяется в отраженном свете по оптическим свойствам и химически на висмут и теллур. Растворяется в азотной кислоте со вскипанием и выделением серы. Перед паяльной трубкой легко плавится. По внешнему виду тетрадимит сходен с графитом и молибденитом, но отличается от графита высоким удельным весом, растворимостью в азотной кислоте и более светлой окраской, от молибденита — более темной окраской, растворимостью в азотной кислоте и помутнением раствора от КОН или воды (выделение гидроокиси висмута).

Тетраэдрит — блеклая руда, состав которой приблизительно соответствует формуле Cu_3SbS_3 . Часть сурьмы может замещаться мышьяком, а медь — рядом других металлов. Кубической сингонии. Чаще находится в сплошных образованиях грубо- или тонкозернистого строения. Спайность отсутствует. Излом слабо раковистый до неровного. Очень хрупкий. Твердость 3—4. Уд. вес 4,4—5,1. Блеск металлический или тусклый. Цвет серовато-железно-черный. Черта и порошок черные, иногда бурые или вишнево-красные. Непрозрачный. Под микроскопом в тонких осколках иногда просвечивает вишнево-красным цветом. В отраженном свете светлосеровато-белый с буроватым оттенком. Изотропный. Средней твердости: чертится стальной иглой с распылением порошка. Травится царской водкой.

В россыпях тетраэдрит не сохраняется вследствие исключительной хрупкости. При дроблении раскалывается на резко угловатые осколки неправильной формы с неровным полураковистым изломом. Близок по всем свойствам к теннантиту.

О п р е д е л е н и е. В зернах неправильной формы тетраэдрит определяется по темному стальнo-серому до черного цвету с блеклым тоном и большой хрупкости. Последняя устанавливается при царапании полированной поверхности минерала иглой, что вызывает распыление порошка. Проверяется в отраженном свете по изотропности и серовато-белому с буроватым оттенком цвету. Химически проверяется на медь, сурьму и серу.

В отличие от тетраэдрита теннантит содержит мышьяк. Другие разности блеклой руды содержат свинец, серебро и ртуть. Все блеклые руды очень сходны между собой по внешнему виду и по оптическим свойствам в отраженном свете: их можно различать лишь при помощи полного химического анализа и рентгенометрии.

В азотной кислоте блеклые руды разлагаются, выделяя окислы As_2O_3 , Sb_2O_3 и S. При нагревании с КОН сурьма и мышьяк переходят в раствор, прибавление к которому кислот вызывает образование оранжевого и желтого осадков. В закрытой трубке сурьмянистые блеклые руды дают темнокрасный возгон окисульфида сурьмы; если много мышьяка, сначала образуется возгон As_2S_3 . В открытой трубке эти руды плавятся с образованием сернистых паров и белого налета Sb_2O_3 . Если блеклая руда содержит мышьяк, то образуется кристаллический осадок сурьмы, а мышьяк дает летучий возгон; если содержится ртуть, последняя оседает в виде мелких капелек. Перед паяльной трубкой на угле образуются налеты мышьяка, цинка, свинца и сурьмы. С содой блеклые руды образуют королек металлической меди.

В осколках тетраэдрит и другие блеклые руды сходны с халькозином, бурнонитом и станнином, но, в отличие от халькозина, блеклая руда не травится HNO_3 и содержит сурьму и другие элементы; от бурнонита она отличается в отраженном свете

блеклым буровато-серым цветом, изотропностью, отрицательным отношением к травлению HNO_3 , от станнина — изотропностью и отсутствием олова.

Халькозин Cu_2S . Встречается в двух модификациях: кубической и ромбической. Обычно развит в виде плотных масс, сплошных или зернистых. Излом раковистый. Твердость 2,5—3. Уд. вес 5,5—5,8. Блеск металлический, у окисленного халькозина матовый. Цвет железно-черный, а черта свинцово-серая, часто с синей или зеленой побежалостью. Непрозрачный. Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый, голубоватый, большей частью изотропный. Полируется хорошо. Твердость низкая. Травится HNO_3 и $FeCl_3$. Отличительный признак — поглубение при травлении HNO_3 . В россыпях халькозин не сохраняется: раскрашиваясь и легко окисляясь на воздухе, он переходит в азурит и ковеллин. При дроблении халькозин дает зерна неправильной формы с неровным раковистым изломом.

О п р е д е л е н и е. В зернах под бинокляром определяется по темносвинцово-серому цвету, металлическому блеску, низкой твердости, растворимости в азотной кислоте со вскипанием, окрашиванием раствора в зеленый цвет и выделением серы. Проверяется по оптическим свойствам в отраженном свете и химически на медь и серу. По внешнему виду халькозин можно спутать с штроейеритом, гесситом, аргентитом и особенно блеклой рудой, но он отличается от них растворимостью в азотной кислоте с зеленым окрашиванием раствора (блеклая руда растворяется хуже) и поглубением полированной поверхности от азотной кислоты.

Халькопирит $CuFeS_2$. Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов похож на тетраэдрический или октаэдрический. Хорошо образованные кристаллы редки. Чаще зернистые и сплошные массы. Твердость 3—4. Уд. вес 4,1—4,3. Излом неровный. Цвет латунно-желтый с золотистой или пестрой побежалостью. Блеск металлический. Черта и порошок зеленовато-черные. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете яркожелтый, по сравнению с золотом зеленовато-желтый. Средней твердости: чертится стальной иглой. Полируется хорошо. Слабо анизотропен. От паров HNO_3 и $AgNO_3$ буреет. Структура халькопирита выявляется при воздействии $KMnO_4 + H_2SO_4$ в пропорции 1 : 1.

Халькопирит менее устойчив, чем пирит, вследствие чего он мало распространен в россыпях и встречается чаще в элювии, чем в аллювии, причем поверхность его зерен большей частью окислена и имеет буроватую пленку гидроокислов железа или геструю побежалость. При дроблении дает угловатые зерна неправильной формы с неровным изломом, причем на свежем изломе имеет латунно-желтый цвет с зеленоватым оттенком.

О п р е д е л е н и е. Халькопирит определяется под бинокляром по латунно-желтому с золотисто-зеленоватым оттенком

цвету и непрозрачному зеленовато-черному порошку. Проверяется в отраженном свете по яркожелтому цвету, химически — на медь, железо и серу. В азотной кислоте растворяется на холоду с трудом, при нагревании легко. Хорошо разлагается в царской водке с выделением серы и окрашиванием раствора в зеленый цвет. В закрытой трубке при нагревании получается возгон серы.

Для халькопирита в осколках характерна пленочная реакция. Зерно халькопирита помещают на цинковую пластинку в каплю HCl, причем происходит образование коричнево-шоколадной пленки на халькопирите. Эта реакция помогает хорошо отличать халькопирит от сходного с ним в осколках пирита. Кроме пирита, халькопирит в осколках можно спутать с другими желтыми сульфидами: пентландитом и кубанитом. Но от пентландита халькопирит отличается в отраженном свете более яркой желтой окраской и отсутствием никеля, от кубанита — немагнитностью, в отраженном свете более желтым цветом и способностью буреть от $AgNO_3$.

3. ГАЛОИДЫ

Данная группа немногочисленна. Немногие галоиды обладают высоким удельным весом. Ниже описываются два минерала: кераргирит и флюорит.

Кераргирит $AgCl$. Роговое серебро. Кубической сингонии. Кристаллы кубической или октаэдрической формы. Чаще наблюдается в корочках, примазках, налетах, натечных формах, плотных роговидных или восковидных массах. Напоминает обычно роговое вещество. Спайность отсутствует. Твердость 1—1,5. Уд. вес 5,5—5,6. Излом раковистый. Ковок. В свежем виде бесцветен, но от действия света становится серым с фиолетовым оттенком. Черта серая блестящая. В плотных массах имеет восковой блеск, а в кристаллах — алмазный. Прозрачен. Изотропен. $N = 2,07$.

Кераргирит — вторичный минерал; он образуется в зоне окисления серебряных месторождений. Минерал очень мягкий и ковкий: быстро истирается и в россыпях почти не сохраняется. При дроблении дает зерна с раковистым изломом или сплюснутые пластинки.

Определение. Кераргирит определяется по кубической или октаэдрической форме кристаллов, сходству с роговым веществом, серому цвету и ковкости. При нажиме иглой не раскалывается, а расплющивается. Проверяется по оптическим свойствам: высокому показателю преломления и изотропности. Показатель преломления уточняется в сплавах. Химически проверяется на серебро и хлор. Растворим в NH_4OH . Перед паяльной трубкой на угле кераргирит дает королек серебра.

В зернах неправильной формы кераргирит сходен с церусситом, смитсонитом и англезитом, но отличается от них изотропностью и химическими свойствами.

Флюорит CaF_2 . Кубической сингонии. Кристаллы — кубы, реже октаэдры (рис. 53). Обычны двойники прорастания по (111). Спайность совершенная по (111). Излом неровный до раковистого. Хрупкий. Твердость 4. Уд. вес 3,01—3,25. Блеск стеклянный. Окраска разнообразная: фиолетовая, зеленая, голубая, желтая, красная, реже белая и серая. Часто бесцветен до водяно-прозрачного. Обычно неравномерно окрашен в фиолетовый и зеленый цвета. Изотропен. $N = 1,434$. Вследствие хрупкости и небольшой твердости редко сохраняется в россыпях. При дроблении образует зерна неправильной формы, реже пластинчатые осколки по спайности.

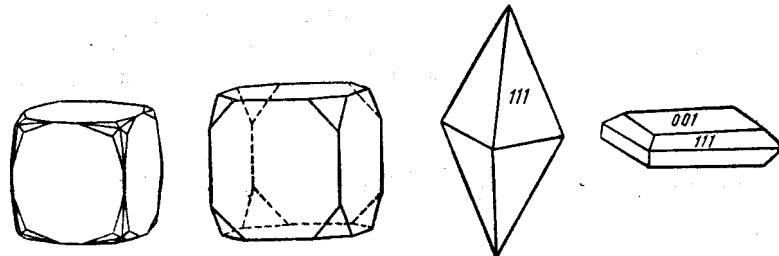


Рис. 53. Флюорит

Рис. 54. Анатаз

Определение. Под биноклем флюорит определяется по кубической форме кристаллов или неправильной форме зерен, стеклянному блеску, фиолетовой окраске, небольшой твердости и нерастворимости в соляной и азотной кислотах. Под микроскопом проверяется по оптическим свойствам: изотропности и исключительно низкому показателю преломления. Химически проверяется на кальций и фтор. Тонкий порошок флюорита разлагается в серной кислоте с образованием плавиковой кислоты, которая оказывает разъедающее действие на стекло. В закрытой трубке флюорит растрескивается и фосфоресцирует изумрудно-зеленым цветом.

В осколках флюорит сходен с кварцем, топазом, апатитом, бериллом, баритом, карбонатами, бесцветными амфиболами и пироксенами. От кварца и берилла флюорит отличается более высоким удельным весом, низкой твердостью, изотропностью и низким показателем преломления, от остальных упомянутых минералов — изотропностью, низким показателем и резким отрицательным рельефом в канадском бальзаме. Кроме того, для флюорита характерны яркое зеленое свечение в катодных лучах и способность флюоресцировать при прокаливании. При нагревании флюорит растрескивается.

4. ОКИСЛЫ

Из немагнитных окислов описываются немногие минералы, которые распространены в шлихах. Минералы данной группы

обычно прозрачны, слабо окрашены и обладают повышенным удельным весом. Они проверяются чаще всего иммерсионным методом.

Анализ TiO_2 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов остропирамидальный. Менее развиты тупые пирамиды. Иногда наблюдается таблитчатый габитус с развитой гранью базопинакоида (001) (рис. 54). Исключительно редко встречаются призматические кристаллы. Спайность по (111) и по (001) ясная. Излом неяснораковистый. Твердость 5,5—6. Уд. вес 3,8—3,9. Блеск металловидный, алмазный и жирный. Цвет синий или голубой, реже коричневый или черный, желтый или бурый различных оттенков. Редко бесцветный. Порошок слабо окрашен в синеватый или коричневатый цвет. Светлосиние или голубые разности анатаза дают серый порошок с голубоватым оттенком и металловидным блеском. В кристаллах или зернах большей частью прозрачен, но в некоторых случаях степень прозрачности снижается до непрозрачного. В осколках под микроскопом зеленовато-синий или желтый. Плеохроирует от синего до желтого или оранжевого цвета. Оптически одноосный, отрицательный. $Nm = 2,559$ и $Np = 2,493$. Высокое двупреломление.

В россыпях устойчив и наблюдается в виде остропирамидальных кристаллов с характерной штриховкой на пирамидальных гранях параллельно их основанию, или в виде таблитчатых квадратных кристаллов со скошенными гранями пирамиды и резко развитыми гранями базопинакоида, или в виде окатанных зерен неправильной формы с тусклым жирновато-металлоидным блеском. При дроблении анатаз дает зерна неправильной формы с неяснораковистым изломом, реже образует осколки пластинчатой формы с сильным алмазным до металлического блеском.

Определение. В шлихах анатаза легко устанавливается по внешнему виду: остропирамидальной форме кристаллов с горизонтальной штриховкой пирамидальных граней, металлоидному блеску и синей, реже желтовато-бурой окраске. Под микроскопом проверяется в проходящем свете по очень высоким показателям преломления, синей или желтой окраске и ярким пестрым цветам интерференции. Точно показатели преломления определяются в сплавах.

В осколках анатаза можно спутать с рутилом и касситеритом. От рутила анатаз отличается оптическими свойствами: более низким двупреломлением и отрицательной фигурой, от касситерита — более низкой твердостью и металлоидным порошком, а также отрицательной реакцией на оловянное зеркало. По отношению к кислотам анатаз химически инертен. В растворимое состояние переводится путем сплавления с содой и селитрой. После этого проверяется на титан.

Брукит TiO_2 . Ромбической сингонии. Кристаллы призматические и таблитчатые по (100). Тонкая вертикальная штриховка призматических граней. Спайность по призме (110) неясная и

по (001) еще менее ясная. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 5—5,6. Уд. вес 3,87—4,08. Блеск алмазный до полуметаллического и металлоидного. Цвет золотисто-бурый до красного или железно-черного. Порошок буроватый. Прозрачен. $Ng = 2,741$; $Nm = 2,586$; $Np = 2,583$. Оптически двuosный положительный. $2V \approx +30^\circ$, но резко различен для составляющих цветов спектра (резкая дисперсия оптических осей). Наблюдение интерференционной фигуры требует применения монохроматического света.

Брукит мало распространен и в россыпях встречается редко, причем очень редко сохраняет кристаллические очертания. В шлихах наблюдается обычно в виде плоских пластинок с тончайшей штриховкой по удлинению пластинок, едва уловимой под бинокляром. Пластины часто окрашены в яркокрасный, золотистый и желтый цвет с черными или бурыми пятнами, беспорядочно распределенными по минералу.

Определение. Брукит определяется по яркокрасной или золотистой окраске с пятнистыми темными участками, тонкой штриховке и порошку с металлоидным отблеском. Под микроскопом проверяется в проходящем свете по очень высоким показателям преломления, ярким цветам интерференции и весьма характерной аномальной интерференционной фигуре в сходящемся свете. Точно показатели преломления определяются в сплавах. Химически проверяется на титан. В кислотах не растворим.

В неправильных зернах и осколках брукит очень сходен с рутилом, анатазом и меньше со сфеном и касситеритом, но от рутила отличается двuosной фигурой, от сфена — более высокими показателями преломления и отсутствием кальция и кремния, от касситерита — двuosной фигурой и отрицательной реакцией на оловянное зеркало.

Валентинит Sb_2O_3 . Ромбической сингонии. Кристаллы призматические или таблитчатые. Волокнистый по удлинению [001]. Спайность по (011) совершенная. Блеск алмазный и перламутровый. Твердость 2,5—3. Хрупкий. Уд. вес 5,6. Цвет желтовато-белый, серый. Прозрачен. Оптически отрицательный. $Np = [100]$. Высокие показатели преломления: $Np = 2,18$, Nm и $Ng = 2,35$. Валентинит — продукт окисления различных сурьмяных минералов. Минерал редкий. В россыпях не сохраняется. При дроблении раскалывается на тонкие просвечивающие пластинки со слабым перламутровым блеском.

Определение. Валентинит определяется по белым нежным мелким призматическим кристаллам или радиальножилковатым массам и исключительной хрупкости. Под микроскопом проверяется по очень высоким показателям преломления, которые точно определяются лишь в сплавах. Проверяется на сурьму путем растворения в соляной кислоте. В закрытой трубке легко плавится с выделением белого налета. При сплавлении на угле валентинит частично возгоняется с образованием белого налета.

Касситерит SnO_2 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический, реже бипирамидальный. Призматические кристаллы удлиненные или короткостолбчатые с преобладающим развитием призматических и подчиненным развитием бипирамидальных граней. Пирамидальные кристаллы чаще тупые, реже остроугольные с вытянутыми вершинками, придающими кристаллам пиковидный облик (рис. 55). Иногда наблюдаются тонкоигльчатые кристаллы. Кроме того, встречаются почковидные формы с радиальнолучистой концентрической структурой. Эта разновидность касситерита называется деревянистым оловом. Призматические кристаллы имеют тонкую вертикальную штриховку. Двойники простые и полисинтетические. Простые двойники, часто коленчатые, сростаются по грани бипирамиды (101). Полисинтетические двойники дают срастание по призме (110). Спайность по (100) несовершенная, по (111) неясная и по (110)

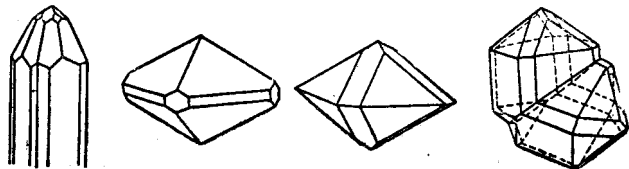


Рис. 55. Касситерит

едва заметная. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 6—7. Уд. вес 6,8—7,1. Блеск алмазный, металловидный или жирный. Окраска различная, иногда пятнистая. Цвет обычно коричневый, бурый до смоляно-черного, реже желтый, серый до бесцветного. Иногда красный и зеленоватый. Темноокрашенный касситерит нередко содержит примеси железа и тантала. Прозрачен. Порошок коричневатый, светлорусый, блестящий, просвечивающий под биноклем. Оптически одноосный положительный. Высокие показатели преломления: $N_m = 1,997$ и $N_g = 2,093$. Высокое двупреломление. В отраженном свете темносерый, темнее сфалерита, с высоким рельефом и ямчатой поверхностью от плохой восприимчивости к полировке. Твердость высокая: стальной иглой не чертится. В косом свете дает желтые, коричневые или буроватые внутренние рефлексы. Реактивы не действуют.

В россыпях касситерит устойчив и переносится на большие расстояния. В шлихах встречается в виде призматических зерен с квадратной призмой, заканчивающейся квадратной бипирамидой. Иногда наблюдаются коленчатые двойники. Часто встречается в виде окатанных зерен неправильной формы с алмазным или металловидным блеском. В раздробленном состоянии обычно наблюдаются блестящие неправильные зерна с неровным полураковистым изломом.

Определение. Касситерит под биноклем определяется по квадратной призматической форме кристаллов, коленчатым двойникам, тонкой вертикальной штриховке, сильному алмазному до полуметаллическому или жирному блеску, темной окраске, светлорусовому или буроватому просвечивающему блестящему порошку и высокой твердостью. Под микроскопом проверяется по высоким показателям преломления, которые могут быть определены лишь в сплавах, ярким цветам интерференции и одноосной положительной фигуре. В сростках с сульфидами проверяется в отраженном свете по темносерой окраске, высокому ямчатому рельефу, светлорусовому порошку, желтоватым и буроватым внутренним рефлексам. Химически проверяется по пленочной реакции образования оловянного зеркала, которая отличает его от всех минералов (см. стр. 51). Эта реакция не всегда удается с первого раза. В этом случае следует повторно погрузить зерна касситерита в новую каплю соляной кислоты на свежем участке цинковой пластинки. При отсутствии цинковой пластинки реакцию можно производить на предметном стекле с цинковой пылью. Оловянная пленка растворяется в соляной кислоте. При растворении олова в азотной кислоте образуется белый осадок метаоловянной кислоты H_2SnO_3 .

В виде окатанных неправильных зерен или в осколках касситерит можно спутать по твердости, цвету и блеску с рядом минералов: цирконом, монацитом, сфеном, рутилом и очень редко с буроватым пироксеном или гранатом. Но от всех названных минералов касситерит отличается пленочной реакцией. Кроме того, от монацита касситерит отличается более высокими показателями преломления и двупреломления, высокой твердостью и отрицательной реакцией на фосфор и редкие земли, от сфена и рутила — высокой твердостью и отрицательной реакцией на титан. С пироксеном и гранатом касситерит сходен по высокой твердости, но резко отличается от них более высокими показателями преломления, от граната, кроме того — анизотропностью.

В кристаллах касситерит очень сходен с цирконом и рутилом. Но, в отличие от циркона, грани касситерита часто покрыты штриховкой (у циркона гладкие грани) и, кроме того, часто касситерит имеет темную окраску (циркон обычно бесцветный или золотисто-желтоватый). От рутила касситерит отличается более тонкой штриховкой граней и более сильным алмазным блеском.

Кермезит Sb_2S_3 . Оксисульфид сурьмы. Ромбической или моноклинной сингонии. Обычны пучки волосовидных кристаллов или неправильные жилковатые образования. Спайность по (100) совершенная. Твердость 1—1,5. Уд. вес 4,5—4,6. Блеск алмазный. Цвет вишнево-красный. Прозрачен. $N = 2,75$. В отраженном свете серовато-белый. Твердость низкая: чертится медной иглой, оставляющей глубокий след. Плеохроичен. Сильно анизотропен. Внутренние рефлексы темнокрасные. Травится HNO_3 , царской водкой и KOH .

Минерал зоны окисления. Исключительно хрупкий. В россыпях не сохраняется. При дроблении тонко измельчается до пылевидного состояния. Основная его масса уходит в шламы.

Определение. Кермезит определяется по вишнево-красному цвету, низкой твердости, резко повышенной хрупкости, способности при легком нажиме иглой рассыпаться в кирпично-красный порошок. Проверяется в проходящем свете по высокому показателю преломления, анизотропности и плеохроизму. Показатели преломления определяются в сплавах. Химически проверяется на сурьму и серу. Легко растворяется в азотной кислоте.

В тонких осколках кермезит можно спутать с киноварью и реальгаром, но он отличается от киновари растворимостью в азотной кислоте, отсутствием ртути, присутствием сурьмы и кирпично-красным цветом порошка, от реальгара — также цветом порошка, присутствием сурьмы и, кроме того, отсутствием мышьяка.

Корунд Al_2O_3 . Тригональной сингонии. Кристаллы боченковидные, призматические или бипирамидальные (рис. 56). На-

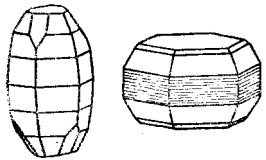


Рис. 56. Корунд

ходится также в плотных образованиях, грубо- или тонкозернистых. Спайность отсутствует. Характерна совершенная отдельность по базопинакoidу (0001), которая, однако, иногда прерывается. Реже наблюдается отдельность по ромбоэдру. Двойники полисинтетические по ромбоэдру, дающие штриховатость, конусную на призме и треугольную по базопинакoidу.

Излом неровный до раковистого. Твердость 9. Плотная разность очень прочная. Уд. вес 4,1. Блеск алмазный до стеклянного, перламутровый по базопинакoidу. Цвет синий, красный, желтый, серый. Иногда бесцветный. Порошок белый до бесцветного. Прозрачен. Одноосный отрицательный. $Nm = 1,768$ и $Np = 1,760$. Двупреломление низкое.

Устойчив, но в россыпях встречается не часто, являясь второстепенным минералом в метаморфических и жильных породах. В россыпях наблюдается в виде боченковидных или неправильных отшлифованных зерен, иногда в виде базальных пластинок со штриховкой.

Определение. Корунд определяется по боченковидной форме кристаллов или по призматическим кристаллам со слабо развитой бипирамидой и ромбоэдром. Реже наблюдаются базальные пластинки. Характерна исключительно высокая твердость. Определяется также по серовато-синеватой окраске и стеклянному блеску. Проверяется под микроскопом в иммерсионных жидкостях по оптическим свойствам и химически на алюминий. Химически инертен: не растворим в кислотах и щелочах и с трудом сплавляется с бурой и фосфорной солью в прозрачное стекло.

С $KHSO_4$ сплавляется легче. Тонкоизмельченный порошок корунда, смоченный $Co(NO_3)_2$, при прокаливании перед паяльной трубкой дает красивую синюю окраску (тенарова синь).

В осколках корунд сходен по прозрачности, высокой твердости и окраске с гранатом, шпинелью, андалузитом, топазом и турмалином, но отличается от первых двух анизотропностью, от остальных же упомянутых минералов более высокими показателями преломления.

Куприт Cu_2O . Окисел меди. Кубической сингонии. Кристаллы кубической, октаэдрической и додекаэдрической формы. Обычно сплошной, зернистый. Спайность по (111) прерывистая. Излом раковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 6,15. Блеск алмазный или полуметаллический до землистого. Цвет красный до свинцово-серого, осколки яркокрасные в проходящем свете. Черта и порошок коричнево-красного цвета различных оттенков, блестящие. В осколках под биноклем полупрозрачный или просвечивает. $N = 2,849$. Под микроскопом в отраженном свете серовато-белый с голубоватым оттенком. Изотропный. Дает красные внутренние рефлексы. Твердость средняя. Травится HNO_3 со вскипанием и окрашиванием раствора в зеленый цвет. Кроме того, появляется красный осадок металлической меди, хорошо наблюдаемый в косом свете. При травлении HCl образуется белый осадок $CuCl_2$, растворимый в аммиаке.

Минерал окисленной зоны. Часто встречается совместно с углекислыми минералами меди. Очень хрупкий. В шлихах совершенно неустойчивый. При дроблении дает блестящие пластинки или зерна с неровным изломом.

Определение. Определяется по красному до черного цвету, хрупким блестящим пластинкам, легкой растворимости в азотной кислоте с обильным выделением газовых пузырьков и окрашиванием раствора в яркозеленый цвет, а также в соляной кислоте с образованием белого осадка. Солянокислый раствор куприта окрашивает пламя в зеленый и синий цвет вследствие присутствия меди. На угле при прокаливании сначала чернеет, а затем плавится и восстанавливается до металлической меди. Оптическая проверка его производится в проходящем и отраженном свете. В первом случае отмечается крайне высокий показатель преломления, определяемый лишь в сплавах, яркокрасная окраска и изотропность; во втором — серовато-белая окраска с голубым оттенком и характерное травление HNO_3 .

В осколках куприт похож на киноварь и прустит, но отличается от киновари более темным цветом, изотропностью, активным растворением в кислотах и отрицательной реакцией на ртуть, от прустита — присутствием меди и отсутствием серебра.

Рутил TiO_2 . Часто имеет примеси железа, реже тантала. Тетрагональной сингонии. Габитус призматический от столбчатого до тонкоигольчатого. Преобладает развитие призматических граней, бипирамидальные грани имеют подчиненное развитие

(рис. 57). Вершины кристаллов обычно тупые. Призматические грани часто покрыты грубой штриховкой и ребристостью, параллельной главной оси. Двойники срастания по (101), нередко коленчатые. Тонкое полисинтетическое двойникование по призме. Спайность ясная по (110) и (100). Твердость 6. Уд. вес 4,2. Излом неяснораковистый до неровного. Цвет желтый, коричневый, до буровато-красного и черного. Порошок буровато-желтый или красноватый, реже коричневый и бурый. Под бинокляром порошок проявляет своеобразный алмазно-металлоподобный или жирный блеск. В кристаллах или зернах прозрачен до непрозрачного.

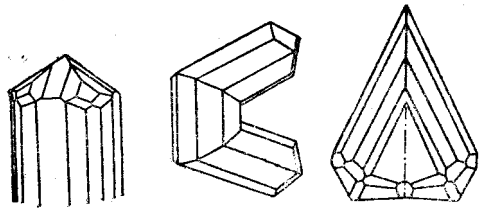


Рис. 57. Рутил

Под микроскопом в проходящем свете оптически одноосный положительный. Крайне высокие показатели преломления: $Nm = 2,616$ и $Ng = 2,903$. Вследствие высокого двупреломления (0,287) рутил при скрещенных николях сохраняет ту же окраску, какую он имеет в проходящем свете¹. Иногда плеохроичен. В отражен-

ном свете серовато-белый со слабым сиреневатым оттенком и гладкой полированной поверхностью. В косом свете наблюдаются красные и желтые внутренние рефлексии. Порошок коричневатый или буровато-желтый.

Довольно устойчив: в россыпях сохраняется хорошо и переносится на большие расстояния. В шлихах рутил наблюдается большей частью в виде вытянутых шестоватых или удлинённых яйцевидных зерен или в виде окатанных обломков неправильной формы. Иногда наблюдаются коленчатые двойники. При дроблении рутил образует зерна неправильной формы с неровным блестящим изломом, реже получаются пластинчатые зерна.

Определение. Под бинокляром рутил определяется по алмазно-металлоподобному блеску, призматической шестоватой форме зерен с вертикальной штриховкой, коленчатым двойникам. Проверяется под микроскопом по крайне высоким показателям преломления и высокому двупреломлению и химически на титан. В кислотах и щелочах не растворяется и разлагается при сплавлении с содой или с кислым серноокислым калием.

По кристаллографической форме рутил сходен с касситеритом, но отличается от него более грубой штриховкой граней, более резко выраженным полуметаллическим блеском и отрицательной реакцией на оловянное зеркало. В осколках рутила

¹ Собственная окраска рутила накладывается на высший белый цвет, который должен был бы быть у бесцветного минерала при таком высоком двупреломлении.

можно спутать с брукитом, анатазом, сфеном, касситеритом, темноокрашенными редкоземельными минералами (ортитом и др.), но от первых трех минералов рутил отличается под микроскопом одноосной положительной фигурой, от касситерита — наличием титана и отсутствием олова, от ортита — отсутствием кальция и редких земель.

Тенорит CuO . Моноклинной сингонии. Обычно находится в землистых массах черного цвета. Реже встречается в плотных массах. Твердость 3—4. Уд. вес 6,5. Непрозрачен. Блеск металлический, чаще землистый. В плотных разностях в отраженном свете светлосерый или кремовый с зеленоватым оттенком (сходен с псиломеланом или пиролюзитом). Средней твердости: чертится стальной иглой. Анизотропен. Травится парами HNO_3 и HCl . В россыпях тенорит не встречается. При дроблении распадается в тонкозернистую землистую массу.

Определение. Тенорит определяется по черным землистым, реже плотным образованиям и непрозрачному матово-землистому порошку. Проверяется главным образом химически на медь. Растворяется в кислотах с зеленым окрашиванием раствора. По характеру землистых или плотных образований очень сходен с псиломеланом, но последний, растворяясь в соляной кислоте, окрашивает раствор в темнобурый цвет.

Тунгстит $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Порошковатый и землистый. Цвет желтый или желтовато-зеленый. Твердость 2,5. Уд. вес 5,5. В тонкоземлистых скоплениях под микроскопом в мелких чешуйках участками просвечивает. Оптически отрицательный. $Np = 2,09$; $Nm = 2,24$; $Ng = 2,26$. $2V$ малый. Встречается вместе с другими вольфрамовыми рудами в зоне окисления. В шлихах не наблюдается, так как при дроблении распыляется в порошок.

Определение. Тунгстит определяется по землистым желтым скоплениям. Проверяется химически на вольфрам и воду. Порошковатый и потому оптически трудно определим.

5. КАРБОНАТЫ

Большая часть карбонатов обладает удельным весом более высоким, чем у бромформа. Исключение составляют кальцит, доломит и арагонит. Для карбонатов характерна растворимость в кислотах с бурным выделением пузырьков углекислоты. По сравнению с силикатами имеют невысокую твердость. Прозрачны. Определяются под микроскопом по резкой псевдоабсорбции и высокому двупреломлению с высокими перламутровыми цветами интерференции.

Азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. Основной карбонат меди. Моноклинной сингонии. Кристаллы разнообразные, с большим количеством форм. Чаще находится в сплошных плотных натечных или землистых массах, корочках или примазках. Спайность по (021) совершенная, но прерывистая. Излом раковистый. Хрупкий.

Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,77—3,89. Блеск стеклянный, почти алмазный. Цвет лазурно-синий различных оттенков, переходящий в темносиний. Порошок голубой и синий. В осколках прозрачный до просвечивающего. В землистых массах под бинокляром не просвечивает. Под микроскопом оптически положительный. Плоскость оптических осей перпендикулярна (010); $Np = [010]$; угол Ng с $[001]$ равен 13° . Плеохроизм: по Np и Nm — голубой, по Ng — темносиний до пурпурно-синего. $Np = 1,730$; $Nm = 1,758$; $Ng = 1,838$. $2V = 68^\circ$. В отраженном свете серый со слабым розоватым оттенком. Средней твердости: чертится стальной иглой. В косом свете синий.

Азурит часто ассоциируется с малахитом в окисленной зоне медных месторождений. В россыпях почти не сохраняется вследствие большой хрупкости и небольшой твердости. При дроблении азурит дает неправильные зерна или пластинки неровных очертаний (пластинчатость проявляется лишь при мелком дроблении до сотых долей миллиметра).

Определение. Под бинокляром азурит определяется по лазурно-синему цвету, стеклянному блеску, низкой твердости и синему порошку. Проверяется в проходящем свете по синему или голубому цвету, высоким показателям преломления и высокому двупреломлению, химически — по растворимости в соляной и азотной кислотах с бурным вскипанием и окрашиванием раствора в зеленый цвет.

По внешнему виду в осколках азурит сходен с аурихальцитом и бирюзой, но отличается от первого отсутствием цинка и более высокими показателями преломления, от второй — быстрой растворимостью в кислотах и отсутствием фосфора.

Аурихальцит $(Zn, Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6$. Основной карбонат цинка и меди. Моноклинной сингонии. Кристаллы игольчатые, удлиненные по третью кристаллографической оси, также пластинчатый слюдоподобный с совершенной слюдоподобной спайностью по (100). Твердость 2. Уд. вес 3,64. Блеск перламутровый. Цвет бледнозеленый до синего или голубоватого и белого. Под микроскопом прозрачен. Оптически отрицательный. Nm располагается перпендикулярно спайности. Удлинение по Ng . Плеохроизм слабый: по Np — почти бесцветный, по Nm — Ng — бледнозеленый. Показатели преломления: $Np = 1,655$; $Nm = 1,740$; $Ng = 1,744$. $2V$ очень мал.

Аурихальцит — вторичный минерал зоны окисления медных и цинковых месторождений. В виде кристаллов наблюдается редко. Обычно в друзовидных корочках или примазках. В россыпях неустойчив, так как легко расщепляется на пластинчатые чешуйки по спайности.

Определение. Аурихальцит определяется по зеленовато-белой или синевато-голубой окраске, пластинчатой форме зерен, реже по игольчатым кристаллам и низкой твердости. Проверяется под микроскопом в проходящем свете в иммерсионных

жидкостях и химическими реакциями. В кислотах растворяется с шипением. Присутствие цинка и меди устанавливается одновременно путем прибавления к азотнокислому раствору минерала $Hg(NH_4)_2(CNS)_4$. При этом выпадает осадок тройной роданистой соли цинка, ртути и меди, состоящий из светлофиолетовых кристаллов. В закрытой трубке аурихальцит выделяет воду. При сплавлении на угле с содой дает густой белый налет окиси цинка.

Обычно встречается в зоне окисления и часто наблюдается в землистых массах совместно с малахитом и азуритом, внешне трудно отличимых от последних. От того и другого аурихальцит отличается присутствием цинка и воды. В землистых массах также сходен с бирюзой и брошантитом, но отличается от них бурным растворением в кислотах и присутствием цинка; кроме того, от первой отличается отсутствием фосфора, а от второго — отсутствием серы.

Базобисмутит $2Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$. Аморфный. Характерны агрегаты шестоватой формы или землистые массы. Твердость 2—3. Уд. вес около 7. Излом неровный, занозистый. Цвет серый, зеленовато-серый или свинцово-серый в случае неполного замещения висмутового блеска или самородного висмута. Весьма хрупкий: легко рассыпается при нажиме стальной иглой на мелкошестоватые зерна или землистые массы. Под микроскопом агрегатен. Просвечивает участками. $N = 2,15$ — $2,18$. В отраженном свете серый. Низкой твердости: легко чертится стальной иглой. В россыпях наблюдается в окатанных зернах шестоватой формы или в плотных комковатых землистых скоплениях.

Определение. Базобисмутит определяется по шестоватой форме зерен или землистым (без блеска) образованиям и серому, зеленовато-серому цвету. Растворяется в крепких кислотах с бурным вскипанием. Мелкие зерна при растворении в соляной кислоте быстро передвигаются по капле с обильным выделением газовых пузырьков. Проверяется реакциями на висмут. В закрытой трубке базобисмутит выделяет воду. Перед паяльной трубкой плавится и дает розовато-серый ковкий королек висмута. На цинковой пластинке с соляной кислотой покрывается металлическим свинцово-серым налетом. Иногда базобисмутит проверяется в отраженном свете на предмет выявления реликтов первичного висмутового минерала, по которому он развился.

Малахит $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$. Основной карбонат меди. Моноклинной сингонии. Хорошо образованные кристаллы редки. Обычны тонкие игольчатые призмы с гранями (110) и (110), собранные в пучки и розетки. Чаще встречается в сплошных массах, или в корочках с гроздевидной поверхностью, или в сталактитовидных образованиях в виде расходящихся пучков. Нередко наблюдается в плотных тонковолокнистых образованиях с полосатой окраской или в землистых массах. Спайность по (001) совершенная, по (010) менее совершенная. Излом неясноракови-

стый, неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 4,1. Блеск кристаллов алмазный до стеклянного, у волокнистых разностей более или менее шелковистый, часто тусклый или землистый. Цвет яркозеленый. Порошок бледнозеленый. Кристаллические разности под бинокляром просвечивают, плотные и землистые разности не просвечивают. Оптически отрицательный. $Np = 1,655$; $Nm = 1,875$; $Ng = 1,909$. $2V = 43^\circ$. Плоскость оптических осей (010); угол Np с [001] равен 23° . Плеохроизм: по Np — почти бесцветный, по Nm — желтовато-зеленый и по Ng — темнозеленый. В отраженном свете серый с розоватым оттенком. Полируется хорошо. В косом свете зеленый.

Малахит — наиболее распространенный минерал из минералов окисленной зоны. Вследствие большой хрупкости и частичной растворимости в природных условиях мало устойчив в россыпях.

В шлихах малахит встречается поэтому редко, обычно в виде зерен почковидной формы, значительно реже в виде лучистых призматических кристаллов.

Определение. Под бинокляром малахит определяется по яркозеленому цвету, жилковатым или волокнистым натежным агрегатам с концентрически-скорлуповатым и радиальнолучистым строением, игольчатым волосовидным кристаллам и невысокой твердости. Под микроскопом в проходящем свете определяется по высокому двупреломлению и высоким показателям преломления, из которых Np определяется в иммерсионных жидкостях, а Ng и Nm — в иммерсионных сплавах. Растворяется в сильных кислотах с шипением, окрашивая раствор в зеленый цвет.

При травлении полированной поверхности малахита парами NH_3 появляется синий налет, указывающий на присутствие меди. В закрытой трубке малахит выделяет воду и чернеет. Перед паяльной трубкой легко плавится и дает красный ковкий королек меди. По цвету малахит в осколках и пленочных образованиях можно спутать с псевдомалахитом, хризоколлой, бирюзой, аурихальцитом и в меньшей степени с силикатами никеля. Но от хризоколлы, бирюзы и силикатов никеля малахит отличается быстрым растворением в кислотах со вскипанием и отсутствием кремния, фосфора и никеля. Труднее малахит отличить от аурихальцита, но первый имеет более высокие показатели преломления Ng и Nm и в нем отсутствует цинк.

Родохрозит $MnCO_3$. Тригональной сингонии. Хорошо образованные кристаллы редки. Обычны сплошные образования, зернистые и плотные в виде корочек. Формы ромбоэдра (1011), также (0112). Спайность по ромбоэдру (1011) совершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 3,5—4,5. Уд. вес 3,60 и выше. Блеск стеклянный до перламутрового. Цвет розовато-красный и различных оттенков: желтый, бурый, красный и коричневый. Порошок розовато-белый. В осколках под бинокляром просве-

чивающий до непросвечивающего. Оптически отрицательный. $Np = 1,600$ и $Nm = 1,820$. Высокое двупреломление. В россыпях родохрозит встречается редко.

Определение. Под бинокляром в осколках родохрозит определяется по таблитчатой и пластинчатой форме зерен, розовой окраске, розоватому порошку и средней твердости. Проверяется под микроскопом в иммерсионных жидкостях по таблитчатым осколкам, высокому двупреломлению и высоким показателям преломления. При нагревании растворяется в соляной кислоте с шипением. Дает реакции на марганец.

В осколках родохрозит сходен с баритом, сидеритом, родонитом и полевым шпатом, но от барита, родонита и полевого шпата отличается растворимостью в соляной кислоте, более высокими показателями преломления и высокими цветами интерференции; от сидерита он отличается показателями преломления и присутствием марганца.

Смитсонит $ZnCO_3$. Тригональной сингонии. Хорошо образованные кристаллы редки. Кристаллы большей частью мелкие с притупленными и часто как бы округленными ребрами. Грани покрыты штриховкой. Обычны почковидные или гроздевидные образования, а также кристаллические корочки и сплошные тонкозернистые массы. Иногда землистый и рыхлый. Спайность по (1011) совершенная. Излом неровный до раковистого. Хрупкий. Твердость 5,5. Уд. вес 4,3. Блеск стеклянный до перламутрового. Цвет белый, часто сероватый, зеленоватый, буровато-белый, реже синий. Порошок бесцветный, белый. В осколках полупрозрачный до просвечивающего. Оптически отрицательный. $Np = 1,626$ и $Nm = 1,849$.

Смитсонит — минерал зоны окисления полиметаллических месторождений. В россыпях встречается чрезвычайно редко. Обычно наблюдается в коркообразных скоплениях или в виде зерен неправильной формы. При дроблении смитсонита получают таблитчатые осколки по ромбоэдрической спайности.

Определение. Под бинокляром смитсонит определяется по гладким полупросвечивающим коркообразным или друзовидным щеткам, серовато-голубоватому цвету, стеклянному до перламутрового блеску. Проверяется под микроскопом по таблитчатым осколкам с высокими перламутровыми цветами интерференции и показателям преломления, из которых Nm определяется в сплавах. Растворяется на холоду в соляной и азотной кислотах со вскипанием, а также в КОН. Дает реакции на цинк. От других карбонатов, вскипающих на холоду в кислотах, — кальцита, арагонита и стронцианита — смитсонит отличается большей твердостью и реакцией на цинк. В мелкозернистых скоплениях смитсонит сходен с англезитом, но отличается от него вскипанием в кислотах, присутствием цинка и отсутствием серы и свинца (см. Англезит).

Церуссит $PbCO_3$. Ромбической сингонии. Кристаллы обычно простые, часто таблитчатые по (010) или пирамидальные, вытянутые по третьей кристаллографической оси. Реже наблюдаются призматические кристаллы. Характерны шестилучевые звездчатые формы двойников срастания и прорастания. Кроме того, встречается в друзах и зернистых агрегатах, сплошных плотных или землистых массах. Спайность по (110) и (021) ясная. Излом раковистый. Очень хрупкий. Твердость 3—3,5. Уд. вес 6,57. Блеск алмазный до стеклянного, смолистый или перламутровый, иногда металловидный. Цвет белый, серый и серовато-черный. Порошок бесцветный или белый с алмазным отблеском. Под биноклем прозрачный до просвечивающего. Оптически отрицательный. Плоскость оптических осей (010); $Np = [001]$; $Ng = [100]$. $2V = 8^\circ$. Показатели преломления: $Np = 1,804$; $Nm = 2,076$; $Ng = 2,078$. В отраженном свете серый, но значительно светлее кальцита. Полируется хорошо. Средней твердости: чертится стальной иглой. Сильные перламутровые внутренние рефлексы. Плеохроичен и анизотропен.

Церуссит — минерал зоны окисления полиметаллических месторождений. В россыпях встречается редко вследствие хрупкости и малой твердости и редко сохраняет кристаллические очертания. Наблюдается большей частью в виде окатанных зерен, иногда в виде псевдоморфоз по кубическим спайным сколкам галенита. При дроблении церуссит дает слабо выраженные пластинки по (110) с сечениями, почти параллельными плоскости оптических осей, с высокими цветами интерференции. Реже наблюдаются осколки по (021) с более низкими цветами интерференции, чем по (110).

Определение. Церуссит определяется по ромбическим кристаллам или бипирамидально-звездчатым тройникам прорастания, алмазному блеску с перламутровыми переливами, бесцветности или белому и сероватому цвету и несколько блестящему порошку. Под микроскопом проверяется по высоким показателям преломления и пластинчатым осколкам с неровными очертаниями и яркими цветами интерференции. Показатели преломления точно определяются только в сплавах. Химически проверяется по быстрому растворению с шипением в соляной и азотной кислотах. На полированной поверхности вскипает и темнеет от соляной кислоты (1:1), причем образуется бесцветный кристаллический осадок $PbCl_2$. Дает реакции на свинец. На цинковой пластинке в соляной кислоте зерна церуссита покрываются темным металлическим налетом свинца.

В зернах неправильной формы церуссит сходен по белому цвету и средней твердости с апатитом, кальцитом, баритом и англезитом, но от упомянутых минералов, кроме кальцита, отличается быстрым растворением с шипением в соляной и азотной кислотах, от кальцита — высокими удельным весом и показателями преломления, присутствием свинца и отсутствием кальция.

Минералы данной группы редко содержат железо, слабо окрашены и характеризуются прозрачностью, хорошо наблюдаемой под биноклем в мелких кристаллах или осколках, а также высокой твердостью. В кислотах и щелочах большей частью не растворяются. В растворимое состояние обычно переводятся путем сплавления с щелочами. Определяются главным образом под микроскопом в иммерсионных жидкостях.

Андалузит $Al_2O(SiO_4)$. Ромбической сингонии. Обычно призматического габитуса. В поперечном разрезе кристаллы имеют почти квадратное сечение. Сплошной и зернистый. Спайность по (110) ясная и менее ясная по (100). Излом неровный, неясно-раковистый. Хрупкий. Твердость 7,5. Уд. вес 3,20. Блеск стеклянный, часто тусклый. Цвет розовый, розово-красный, беловатый, перламутрово-серый. Порошок бесцветный или белый. В осколках прозрачен. Окрашенные разности плеохроируют в розовых тонах. Оптически отрицательный. Плоскость оптических осей (010). Показатели преломления средние: $Np = 1,634$; $Nm = 1,639$; $Ng = 1,643$. Двупреломление низкое.

Часто содержит включения черного непрозрачного углистого вещества в виде тонкой дисперсной пыли и при большом его количестве приобретает грязноватый оттенок. Наблюдаются также тонкие включения чешуек белой слюдки, придающие минералу серый или серебристый оттенок.

В россыпях устойчив. При дроблении колется на зерна неправильной формы, редко дает пластинчатые осколки неправильных очертаний.

Определение. Андалузит определяется по розовой окраске, серебристым примазкам слюды и черным тонкодисперсным включениям углистого вещества, стеклянному блеску, высокой твердости. Проверяется под микроскопом в иммерсионных жидкостях по низким цветам интерференции, средним показателям преломления, плеохроизму в розовых тонах, двуслойной отрицательной фигуре с большим $2V$. Химически проверяется реже, так как не растворим в кислотах. Порошок андалузита, смоченный раствором $Co(NO_3)_2$, после прокалывания перед паяльной трубкой синее от присутствия алюминия. В осколках андалузит несколько сходен со слабо окрашенными розовыми гранатами, но отличается от них анизотропностью и более низкими показателями преломления.

Воластонит $CaSiO_3$. Кальциевый метасиликат. Триклинной сингонии. Кристаллы обычно таблитчатые по (100) или (001), вытянутые по [010] до игольчатых. Характерны лучистые или шестоватые агрегаты. Спайность совершенная (100). Излом неровный. Хрупкий. Твердость 4,5—5. Уд. вес 2,8—2,9. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет белый, серый, желтый. Порошок белый. В осколках под биноклем

прозрачен. Оптически отрицательный. Плоскость оптических осей (010) и перпендикулярна обычному удлинению кристаллов; угол Np с $[001] = 32^\circ$. $2V = 40^\circ$. Показатели преломления средние: $Np = 1,616$; $Nm = 1,629$; $Ng = 1,631$. В шлифах бесцветен. В катодных лучах имеет яркое золотисто-желтое свечение.

В россыпях встречается редко и переносится на небольшие расстояния вследствие способности легко раскалываться. При дроблении волластонит дает осколки удлиненной формы с серыми цветами интерференции и углом угасания около 30° .

Определение. Волластонит определяется по лучистым или шестоватым до волокнистым агрегатам, бесцветности или белой окраске, способности раскалываться по удлинению и повышенной хрупкости. Обычно проверяется по удлиненным пластинчатым осколкам с прямолинейными очертаниями, косому угасанию, серым цветам интерференции и средним показателям преломления. Химически проверяется по медленному разложению в соляной кислоте с выделением белого студенистого осадка кремневой кислоты и по реакции на кальций.

В осколках волластонит сходен по шестоватости и бесцветности с тремолитом, ангидритом и арагонитом, но отличается от тремолита более высокими показателями преломления и отрицательным удлинением, а также характером растворения в соляной кислоте, от ангидрита и арагонита — более низким двупреломлением, показателями преломления и слабой растворимостью в кислотах. От всех упомянутых минералов он отличается ярким золотисто-желтым свечением в катодных лучах.

Кианит $Al_2O_3(SiO_2)$. Минерал, сходный по составу с андалузитом и силлиманитом. Триклинной сингонии. Обычны длинные плоские таблитчатые кристаллы, редко с вершинками. Более резко развиты первый и второй пинакоиды. Спайность по (100) и (010) совершенная и отдельность по (001). Твердость 4—7: на грани (100) параллельно оси $[001]$ 4—5, на грани (010) 7. Уд. вес 3,60. Блеск стеклянный до перламутрового. Цвет синий, белый, серый и в случае переполнения минерала углистыми частицами — черный, реже зеленый и розовый. В осколках и мелких кристаллах под бинокулярно прозрачен. В цветных разностях наблюдается ясный плеохроизм. Оптически отрицательный, Np — почти перпендикулярно (100). $2V = 82^\circ$. Угол Ng с $[001]$ равен 30° на (100), а на (010) он равен 8° . Высокие показатели преломления: $Np = 1,712$; $Nm = 1,720$; $Ng = 1,728$. Двупреломление низкое. Часто замещается слюдой.

В россыпях встречается в виде зерен пластинчатой формы с окатанными и закругленными углами, изобилующих трещинками отдельности по (001). При дроблении дает осколки по спайности (100) и (010) прямоугольной формы с ровными прямолинейными очертаниями. Иногда осколки кианита имеют ступенчатое строение. Реже наблюдаются сколы по отдельности (001). Свежие осколки обладают перламутровым блеском.

Определение. Кианит определяется по пластинчатой форме зерен, неравномерной синей или голубоватой окраске, перламутровому блеску, совершенной спайности, трещиноватости по отдельности и способности раскалываться на прямоугольные пластинки со ступенчатыми сколами. Проверяется под микроскопом в иммерсионных жидкостях по прямоугольным осколкам с косым угасанием и положительным удлинением и показателям преломления. Разлагается лишь при сплавлении с щелочами. Химически проверяется на алюминий и кремний.

В пластинчатых осколках по внешнему виду кианит сходен со сподуменом, ангидритом и кальцитом, но отличается от сподумена более высокими показателями преломления, отрицательным оптическим знаком и отсутствием лития, от ангидрита — нерастворимостью в кислотах, отсутствием серы и кальция и более высокими показателями преломления, от кальцита — прямоугольной формой пластинок, высокой твердостью, низким двупреломлением и нерастворимостью в кислотах.

Родонит $MnSiO_3$. Марганцевый метасиликат. Триклинной сингонии. Обычны таблитчатые кристаллы или же плотные сплошные массы. Спайность по (110) и (110) совершенная. Твердость 6. Уд. вес 3,4—3,68. Блеск стеклянный, несколько перламутровый на плоскостях спайности. Цвет розовый, красный или буроватый. От окисления на воздухе часто образуются налеты окислов марганца, вследствие чего минерал чернеет с поверхности. Прозрачен лишь в тонких осколках. Оптически положительный. $2V = 76^\circ$. $Np = 1,716$ —1,730; $Nm = 1,730$ —1,740; $Ng = 1,73$ —1,74.

В россыпях родонит встречается значительно реже других пироксенов. Для него характерны пластинчатые или таблитчатые зерна со слабо перламутровым блеском. При дроблении родонит большей частью раскалывается на пластинчатые зерна с неровными очертаниями.

Определение. Родонит определяется по таблитчатой форме кристаллов, розово-красному цвету, черному налету окислов марганца, высокой твердости и пластинчатой форме осколков. Под микроскопом проверяется в иммерсионных жидкостях по показателям преломления и низким цветам интерференции. В цементных шлифах зерна родонита дают пересекающуюся спайность с углом, близким к прямому. В кислотах не растворим. Дает реакции на марганец.

В пластинчатых и таблитчатых осколках родонит сходен с родохрозитом и частично с гюбнеритом, но отличается от родохрозита низкими цветами интерференции и нерастворимостью в кислотах, от гюбнерита — высокой твердостью, более низкими показателями преломления, низким двупреломлением и отсутствием вольфрама. Кроме того, к родониту по химическому составу близок бустамит $CaMn(SiO_3)_2$ с показателями преломления: $Np = 1,666$; $Nm = 1,67$; $Ng = 1,676$, но бустамит имеет более светлую розовую окраску.

Силлиманит $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$. Ромбической сингонии. Обычно встречаются длинные призматические игольчатые кристаллы с тонкой вертикальной штриховкой на гранях призмы. Концевые грани почти отсутствуют, и вершина часто имеет закругленный вид. Образует лучистые или волокнистые агрегаты. Спайность по (010) очень совершенная. Излом неровный. Твердость 6—7. Уд. вес 3,24. Блеск стеклянный. Бесцветный, сероватый, бурый, зеленоватый и белый. Порошок бесцветный или белый. Прозрачен в мелких кристаллах и тонких осколках. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010). $2V = 25^\circ$. $Np = [100]$; $Ng = [001]$. Прямое угасание. Положительное удлинение. $Np = 1,657—1,661$; $Nm = 1,658—1,670$; $Ng = 1,677—1,684$.

Вследствие повышенной хрупкости и способности легко раскалываться по спайности неустойчив и в россыпях встречается редко. При дроблении дает главным образом удлиненные осколки шестоватого облика с прямым угасанием.

Определение. Силлиманит определяется по бесцветным или слабо окрашенным тонкопризматическим штрихованным кристаллам, совершенной спайности и способности легко раскалываться на шестоватые или игольчатые зерна со стеклянным блеском. Под микроскопом проверяется по удлиненно-шестоватым осколкам, прямому угасанию и положительному удлинению. Химически проверяется по нерастворимости в кислотах и щелочах. Растворяется в стекле фосфорной соли с образованием скелета кремневой кислоты. Порошок, смоченный $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, при прокаливании синее. Силлиманит в шестоватых осколках сходен с тремолитом, волластонитом и частично кианитом, но отличается от них положительной фигурой, прямым угасанием, более высоким двупреломлением и показателями преломления.

Сподумен $(\text{Li}, \text{Na}) \text{Al}(\text{SiO}_3)_2$. Литиевый пироксен. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические по [001], часто сплюснутые по (100) с вертикальной штриховкой и ребристостью. Нередко встречается и в сплошных зернистых массах. Исключительно хрупкий: при малейшем ударе молотка легко колетса по совершенной спайности (110) и пластинчатой структуре (100). Излом неровный до неяснораковистого. Твердость 6,5—7. Уд. вес 3,13—3,20. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет зеленовато-белый, серовато-белый, яблочно-зеленый, изумрудно-зеленый и желтый. Порошок белый. Прозрачен. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010); угол Ng с [001] равен 26° . $2V = 54—60^\circ$. $Nm = [010]$. Показатели преломления: $Np = 1,650—1,668$; $Nm = 1,665—1,671$; $Ng = 1,675—1,681$. Ярко светится в катодных лучах оранжевым или оранжево-желтым цветом.

На земной поверхности быстро изменяется — переходит в водные алюмосиликаты (каолинит, монтмориллонит и др.). Кроме того, способен легко раскалываться по спайности (110) и по ст-

дельности (100) на прямоугольные пластинки или шестоватые зерна. Поэтому в россыпях слабо устойчив.

Определение. Сподумен определяется по призматической форме кристаллов, иногда сплюснутой по (100), яблочно-зеленому или белому цвету, большой хрупкости. При незначительном нажиме стальной иглой зерна легко раскалываются на удлиненные прямоугольные пластинки или зерна шестоватой формы. Под микроскопом проверяется в иммерсионных жидкостях по показателям преломления. Nm и Ng в прямоугольных осколках расположены параллельно (100); угасание косое, близкое к 26° . Пересекающаяся пироксеновая спайность устанавливается в цементных шлифах. В кислотах не растворяется и сплавляется с бурой и с фосфорной солью. Перед паяльной трубкой в осколках вспучивается и временами окрашивает пламя в красный цвет (от присутствия лития), сплавляясь в прозрачное стекло. При прокаливании порошок сподумена с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ синее.

В осколках сподумен частично сходен с кианитом, волластонитом, тремолитом и карбонатами, но отличается от кианита оптически положительной фигурой, более низкими показателями преломления и присутствием натрия и лития, от волластонита и тремолита — более высокими показателями преломления и оптически положительной фигурой, от кальцита — прямоугольными осколками с низким двупреломлением, отсутствием псевдоабсорбции и нерастворимостью в кислотах. Кроме того, от всех упомянутых минералов сподумен отличается оранжевым или оранжево-желтым свечением в катодных лучах.

Топаз $\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2\text{SiO}_4$. Ромбической сингонии. Обычны короткопризматические кристаллы с преобладающим развитием призматических граней (110) или (120) (рис. 58). Грани призматической зоны часто покрыты вертикальной штриховкой. Реже столбчатые кристаллы с заметно развитым пинакондом (001). Спайность по (001) весьма совершенная. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 8. Уд. вес 3,4—3,6. Блеск сильно стеклянный. Бесцветный или водяно-прозрачный. Иногда слабо окрашен в голубоватый, зеленоватый или желтоватый цвет. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010). $2V = 49—66^\circ$. $Np = [100]$; $Ng = [001]$. Удлинение по [001]. Показатели преломления: $Np = 1,607—1,629$; $Nm = 1,610—1,631$; $Ng = 1,618—1,638$. Двупреломление среднее.

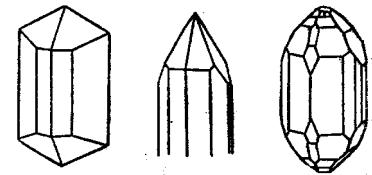


Рис. 58. Топаз

В россыпях сохраняется в виде призматических кристаллов или зерен неправильной формы. При дроблении раскалывается на пластинки, параллельные совершенной спайности по пинакoidу (001), с сечением $Np—Nm$ и серыми цветами интерференции.

Осколки с показателем преломления N_g , как правило, отсутствуют.

Определение. Топаз определяется по водяно-прозрачным призматическим кристаллам с тонкой штриховкой граней, высокой твердостью и сильному стеклянному блеску. Проверяется главным образом оптически в иммерсионных жидкостях по осколкам с серыми цветами интерференции, двусной положительной фигуре, показателям преломления. В кислотах и щелочах не растворяется, разлагается только при сплавлении с содой, давая реакцию на фтор. Порошок, смоченный $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, при сильном нагревании синее.

В осколках топаз сходен с кварцем, апатитом и бесцветными пироксенами, но отличается от кварца более высокими показателями преломления, двусной фигурой и присутствием алюминия и фтора, от апатита — высокой твердостью, положительной двусной фигурой и отсутствием фосфора и кальция. От пироксенов — низкими показателями преломления.

Тремолит $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$. Моноклинной сингонии. Кристаллы длиннопризматические, игольчатые, реже короткостолбчатые. Агрегаты лучистые, реже плотные. По (100) часты полисинтетические двойники. Хрупкий. Спайность совершенная по (110). Угол пересекающейся призматической спайности 55° . Твердость 5,5—6. Уд. вес 2,9—3,0. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Бесцветный или белый до серого. Прозрачен. Оптически отрицательный. Плоскость оптических осей (010); угол N_g с [001] равен $16-18^\circ$. $2V = 80^\circ$. Показатели преломления: $N_p = 1,60-1,62$; $N_m = 1,61-1,63$; $N_g = 1,62-1,64$. Слабое двупреломление. Серые цвета интерференции. Свечение тремолита в катодных лучах слабое желтое.

В россыпях тремолит встречается в виде тонкопризматических или шестоватых зерен без концевых граней, слабо или почти не окатанных. При дроблении руды тремолит раскалывается на зерна удлиненной пластинчатой или шестоватой формы.

Определение. Тремолит определяется по удлиненным пластинчатым или шестоватым бесцветным зернам, большой хрупкости — способности при раздавливании распадаться на тонкие иголки или пластинки. Проверяется под микроскопом в иммерсионных жидкостях по показателям преломления, косому угасанию и положительному удлинению спайных осколков с серыми или белыми цветами интерференции. В кислотах не растворим.

В осколках по внешнему виду тремолит сходен с волластонитом, кианитом и силлиманитом. Но от волластонита тремолит отличается положительным удлинением, большим $2V$, острым углом спайности (около 60°), определяемым в цементных шлифах. От кианита — значительно меньшими показателями преломления и удлиненно-шестоватой до игольчатой формой кристаллов. От силлиманита — более низкими показателями преломления и низким двупреломлением. Кроме того, тремолитовые осколки имеют

косое угасание, тогда как силлиманитовые имеют прямое угасание и очень малую величину $2V$.

Циркон ZrSiO_4 . Тетрагональной сингонии. Кристаллы призматические и значительно реже бипирамидальные (рис. 59). Спайность по призме и пирамиде выражена слабо. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 7,5. Уд. вес 4,2—4,86. Блеск алмазный. Чаще бесцветный и кремовый, реже розовый, зеленоватый, буроватый, красно-бурый, золотистый и сиреневый. Бесцветные и слабо окрашенные разности обычно прозрачны и встречаются в виде хорошо образованных кристаллов. Оптически положительный. Двупреломление высокое (0,045). Высокие показатели преломления: $N_p = 1,960$ и $N_g = 2,015$.

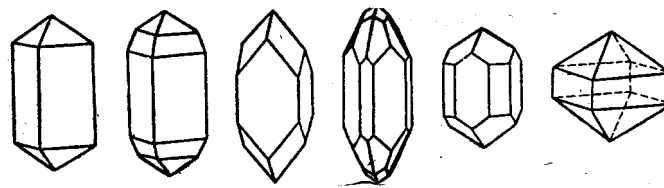


Рис. 59. Циркон

Очень устойчив. В россыпях сохраняется в виде прозрачных призматических кристаллов с гладкими призматическими гранями (110) и слабо развитыми пирамидальными гранями, иногда в виде игольчатых кристаллов золотисто-желтого или розового цвета с сильным алмазным блеском. Редко наблюдаются окатанные зерна циркона яйцеобразной, овально-удлиненной формы. Еще реже встречается бипирамидальный циркон без призматических граней. При дроблении циркон раскалывается на прозрачные зерна неправильной угловатой формы с неровным изломом и ярким алмазным блеском.

Определение. Циркон определяется по тетрагонально-призматической форме кристаллов, прозрачности, алмазному блеску, бесцветности или слабой окраске, гладким граням и высокой твердости. Под микроскопом проверяется главным образом по высоким показателям преломления, одноосной положительной фигуре, неправильной форме осколков с неровным изломом и яркими цветами интерференции. Точно показатели преломления могут быть определены только в сплавах. Химически инертен: в кислотах и щелочах не растворим. Проверяется на цирконий и кремний.

В кристаллах циркон сходен с касситеритом (если окрашен в темные цвета), но отличается от него отрицательной реакцией на оловянное зеркало и более низким двупреломлением. По форме кристаллов и сильному алмазному блеску циркон отличается от всех силикатов тяжелой неэлектромагнитной фракцией. Особенно выделяется циркон ярким золотисто-желтым свечением в катодных лучах.

7. ФОСФАТЫ, АРСЕНАТЫ И ВАНДАТЫ

Для минералов данной группы характерны прозрачность, невысокая твердость и растворимость в кислотах.

Апатит $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ или $\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$. Существуют две разновидности апатита: фторапатит и хлорапатит, которые между собой имеют полное сходство. Гексагональной сингонии. Кристаллы призматические, короткостолбчатые, редко длиннопризматические или таблитчатые. Преобладают грани гексагональной призмы (1010).

Пирамидальные грани обычно развиты слабо. Чаще наблюдаются грани пирамиды (10 $\bar{1}$ 1) (рис. 60). Пинакоидальные грани (0001) развиты слабо или отсутствуют. Грани призмы часто бывают покрыты вертикальными штрихами. Встречаются кристаллы апатита с округленными ребрами и гранями. Встречаются также сплошные зернистые массы с округлой формой зерен. Реже наблюдается землистая разность. Спайность пинакоидальная по (0001) и призматическая по (10 $\bar{1}$ 0) несовершенная. Излом раковинистый до неровного. Хрупкий. Твердость 5. Уд. вес 3,16—3,22.

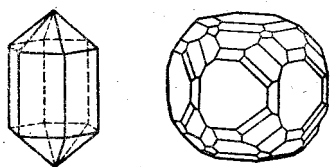


Рис. 60. Апатит

Бесцветный или белый, нередко окрашенный в зеленый, голубой и серый цвета светлых оттенков. Блеск на наружных гранях кристаллов стеклянный, а на спайных плоскостях и на поверхности излома жирный. В крупных кристаллах и сплошных массах просвечивает, в тонких кристаллах и осколках почти всегда прозрачен. Порошок белый. Оптически отрицательный. $n_p = 1,631$ и $n_m = 1,634$. Двупреломление очень низкое с серыми цветами интерференции.

В россыпях довольно устойчив и чаще встречается в виде окатанных призматических или яйцеобразных зерен с матовым блеском, большей частью молочно-белого цвета. Иногда сохраняет грани гексагональной призмы, пирамидальные грани обычно сглажены. В измельченной руде апатит находится в виде зерен неправильной формы с неровным изломом.

О п р е д е л е н и е. Под бинокляром в неправильных зернах апатит определяется по бесцветности или молочно-белому цвету, стеклянному-матовому блеску и невысокой твердости. Под микроскопом проверяется в иммерсионных препаратах по средним показателям преломления, очень низким серым цветам интерференции и одноосной отрицательной фигуре. Химически проверяется на фосфор, фтор, хлор и кальций. Апатит растворим в сильных кислотах.

В мелких неправильных зернах или осколках апатит сходен с кварцем, флюоритом, топазом, бериллом, шеелитом, баритом,

минералами групп пироксенов, эпидота и другими бесцветными минералами. Но от кварца апатит отличается более высоким удельным весом, низкой твердостью, более высокими показателями преломления и оптически отрицательным знаком, от флюорита — анизотропностью и более высокими показателями преломления, от топаза — низкой твердостью, одноосной отрицательной фигурой и присутствием фосфора и кальция, от шеелита — стекляннм блеском, низкими показателями преломления и реакцией на фосфор, от барита — неправильной формой осколков, отрицательной одноосной фигурой и отсутствием серы и бария, от бесцветных алюмосиликатов, пироксенов и эпидота — меньшей твердостью, низкими показателями преломления и растворимостью в кислотах. От всех упомянутых минералов апатит отличается желтым или розовым свечением в катодных лучах и реакцией на фосфор.

Ванадинит $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3$. Гексагональной сингонии. Кристаллы призматические с гладкими гранями и резко выраженными ребрами, иногда встречаются пещеристые кристаллы в виде полых призм или агрегаты кристаллов в параллельном срастании, как пироморфит (рис. 61). Нередко коркообразный. Излом неровный или неяснораквинистый. Хрупкий.

Твердость 2,75—3. Уд. вес 6,66—7,10. Блеск на поверхности излома смолистый. Цвет соломенно-желтый, буровато-желтый, красновато-бурый. Порошок белый, желтоватый. Под бинокляром просвечивает. Оптически отрицательный. Показатели преломления: $n_m = 2,35$ и $n_p = 2,29$.

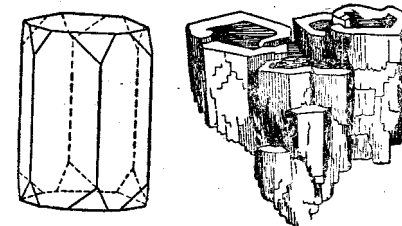


Рис. 61. Ванадинит

Минерал зоны окисления.

Легко растворяется в кислых водных растворах и вследствие высокой хрупкости легко рассыпается, поэтому в россыпях сохраняется редко. При дроблении дает угловатые зерна неправильной формы.

О п р е д е л е н и е. Ванадинит определяется по гексагональной форме призматических кристаллов с пещеристыми пустотками выщелачивания в центральных участках, невысокой твердости, жирновато-смолистому блеску и желтой или красновато-бурой окраске. Проверяется под микроскопом в иммерсионных препаратах по высоким показателям преломления, точно определяемым лишь в сплавах и отрицательному оптическому знаку. Быстро растворяется в соляной кислоте с красновато-бурым окрашиванием раствора и одновременным образованием белого тонкокристаллического осадка PbCl_2 . От прикосновения железной иглой в момент растворения в соляной кислоте минерал зеленеет.

Присутствие ванадия, свинца и хлора устанавливается микрохимическими и пленочными реакциями.

В осколках ванадинит по желтой окраске, средней твердости и жирновато-смолисто-му блеску сходен с вульфенитом, пироморфитом и миметезитом, но отличается от них растворимостью в соляной кислоте с красно-бурым окрашиванием раствора, а также реакциями на ванадий и хлор.

Пироморфит $Pb_5Cl(PO_4)_3$. Гексагональной сингонии. Кристаллы почти всегда призматические. Призмы обычно вытянуты до игольчатых кристаллов. Часто дает сростки призматических кристаллов почти в параллельном положении, заостряющихся к концу (рис. 62). Спайность слабая по призме. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 6,5—7,1. Блеск смолистый. Цвет восково-желтый, оливково-зеленый и бурый. Порошок белый с восковым отблеском. Под бинокляром в осколках изредка просвечивает. Оптически отрицательный. Высокие показатели преломления: $Nm = 2,05$ и $Np = 2,04$.



Рис. 62. Пироморфит

В россыпях сохраняется обычно в виде мелких окатанных зерен неправильной формы, матовых или с восковым блеском. Редко сохраняется призматическая форма кристалликов. При дроблении раскалывается на угловатые зерна неправильной формы с неровным изломом.

Определение. Пироморфит в мелких зернах определяется по зеленовато-желтому цвету, восковому блеску, повышенной хрупкости, средней твердости. Под микроскопом проверяется в иммерсионных препаратах по высоким показателям преломления и низкому двупреломлению. В соляной кислоте непосредственно на растворяющихся зернах выделяется тонкая белая пленка $PbCl_2$, в случае разложения в серной кислоте образуется белая пленка $PbSO_4$. Проверяется химически на свинец, хлор и фосфор.

Пироморфит очень сходен по внешнему виду, а также и по химическому составу с миметезитом, в составе которого отсутствует фосфор, но присутствует мышьяк. Если сравнивать его с другими минералами окисленной зоны, пироморфит в осколках очень сходен с вульфенитом и ванадинитом, но отличается от них по химическому составу: от вульфенита — отсутствием молибдена и присутствием фосфора, от ванадинита — характером растворения в кислотах и отсутствием ванадия (см. Вульфенит и Ванадинит).

Скородит $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$. Находится обычно в плотных или землистых массах. Редко наблюдается в виде кристаллов ромбической сингонии призматического или бипирамидального габита.

туса. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,1—3,3. Блеск слабый полусмолистый. Цвет луково-зеленый, зеленовато-серый, зеленовато-бурый. Порошок серый или зеленовато-серый. Под бинокляром зерна скородита непрозрачны, под микроскопом в тонких осколках прозрачны. Оптически положительный. $2V$ средний. $Ng = [001]$. Показатели преломления: $Np = 1,738—1,771$; $Nm = 1,742—1,805$; $Ng = 1,765—1,820$.

В россыпях обычно не сохраняется, так как является минералом зоны окисления и наблюдается чаще в землистых массах, легко рассыпающихся.

Определение. Скородит определяется по землистым или плотным массам зеленовато-серого цвета, слегка смолисто-му блеску и небольшой твердости. Проверяется под микроскопом в иммерсионных препаратах по показателям преломления и средним цветам интерференции и химически на мышьяк и железо. Легко растворяется в соляной кислоте. В растворе КОН порошок скородита быстро окрашивается в красновато-бурый цвет. Частично растворяется в азотной кислоте. В закрытой трубке выделяет воду. При прокаливании на угле издает запах чеснока, образует белый налет мышьяковистого ангидрида и сплавляется в магнитный королек.

Эритрин (кобальтовые цветы) $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$. Моноклинной сингонии. Габитус игольчатый, пластинчатый. Спайность по (010) весьма совершенная. Чаще налеты и землистые агрегаты. Твердость 2,5. Уд. вес 2,9—3,0. Цвет розовый, малиново-розовый. Порошок светлее минерала. Блеск на плоскостях спайности (иногда матовых) перламутровый. Под бинокляром в зернах просвечивает. Под микроскопом в тонких осколках прозрачен. Оптически положительный или отрицательный. Плоскость оптических осей перпендикулярна (010); угол Ng с $[001]$ равен 32° ; $Np = [010]$. $2V = 90^\circ$. Показатели преломления: $Np = 1,626—1,629$; $Nm = 1,662—1,663$; $Ng = 1,699—1,701$. Высокое двупреломление. Плеохроизм: по Np — бледнорозовый, по Nm — бледнофиолетовый, по Ng — красный.

В россыпях не встречается, так как очень хрупкий. При дроблении колется по спайности (010) на тонкие пластинки.

Определение. Эритрин определяется по пластинчатой форме зерен или нахождению в землистых массах и корочках, розово-малиновому цвету, низкой твердости. Под микроскопом в иммерсионных препаратах проверяется по показателям преломления, пластинчатому осколкам по спайности (010) с яркими цветами интерференции и резкому плеохроизму от розовых до красных тонов. Химически проверяется на кобальт и мышьяк. В соляной кислоте быстро растворяется с розовым окрашиванием раствора (от присутствия кобальта). В закрытой трубке при слабом нагревании выделяет воду и синее. При более сильном нагревании эритрин выделяет As_2O_3 , который отлагается в форме кристаллов на холодных частях трубки.

8. СУЛЬФАТЫ

Среди немагнитных сульфатов с удельным весом больше 2,9 наиболее часто встречаются ангидрит, англезит и барит. Все они прозрачны, не окрашены или слабо окрашены.

Ангидрит CaSO_4 . Ромбической сингонии. Кристаллы редки и бывают толстотаблитчатого, а также призматического по [010] габитуса. Они представляют собой комбинацию ромбических призм и бипирамид. Двойники по (101). Часто полисинтетические. Спайность по трем пинакоидам под углом 90° : весьма совершенная по (001), средняя по (010), средняя по (100), но слабее, чем по (010). Обычны плотные или зернистые, реже шестоватые и волокнистые агрегаты. Твердость 3—3,5 (в отличие от гипса). Уд. вес 2,9—3. Излом неровный, иногда занозистый. Хрупкий. Бесцветный или белый, розоватый до красного. Черта и порошок белые. Блеск стеклянный, на грани (001) перламутровый. Под бинокляром прозрачен или просвечивает. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010); $Np = [001]$. $2V = 42^\circ$. Ясная дисперсия. Показатели преломления: $Np = 1,571$; $Nm = 1,576$; $Ng = 1,614$.

Ангидрит отличается от более частого в природе гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) отсутствием воды в его составе. Ангидрит находится в тех же условиях, что и гипс. Они часто встречаются совместно, главным образом в осадочных породах. Ангидрит, так же как и гипс, в аллювиальных россыпях неустойчив вследствие хрупкости и способности раскалываться на спайные пластинки, а также растворяться в кислой среде. Для ангидрита характерно красное свечение в катодных лучах.

Определение. Под бинокляром ангидрит определяется, в случае отсутствия кристаллов, по прямоугольным толстотаблитчатым осколкам, бесцветности, перламутровому блеску, хрупкости — легкому раздавливанию стальной иглой в бесцветный или белый порошок. Проверяется в иммерсионных препаратах по прямоугольной форме осколков, показателям преломления и положительной двуслойной фигуре. Химически проверяется на кальций и серу. В соляной кислоте легко растворяется. Перед паяльной трубкой плавится с окрашиванием пламени в красновато-желтый цвет и дает эмалевидный перл.

В осколках ангидрит можно спутать с гипсом, бесцветными карбонатами и цеолитами, но он отличается от гипса большей твердостью, более высокими показателями преломления, высоким двупреломлением и отсутствием воды, от карбонатов — растворением в кислотах без вскипания и присутствием серы, от цеолитов — более высокими показателями преломления, высокими цветами интерференции и отсутствием студенистого осадка при растворении в кислотах.

Англезит PbSO_4 . Ромбической сингонии. Кристаллы большей частью призматические с преобладающим развитием граней

(110), (102) или (011). Очень редко встречаются пирамидальные кристаллики. Иногда кристаллы таблитчатые по (001). Грани призмы (110) или (011) часто покрыты вертикальной штриховкой, на пирамидальной грани (102) штриховка горизонтальная. Призматические кристаллы обычно бесцветные. Часто встречается очень мелкозернистый англезит. Бывает колломорфного вида. Спайность по (001) и по (110) ясная. Излом раковистый. Очень хрупкий. Твердость 2,75—3. Уд. вес 6,3. Блеск сильно алмазный, иногда приближается к смолистому или стеклянному. Цвет белый с желтым, серым и зеленым оттенками, иногда синий. Порошок бесцветный или белый. Под бинокляром прозрачен до непрозрачного. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010); $Ng \perp (100)$. $2V = 60—75^\circ$. Показатели преломления: $Nm = 1,882$; $Ng = 1,894$; $Np = 1,877$.

Англезит менее распространен, чем церуссит, но также образует псевдоморфозы по галениту. Минерал окисленной зоны. Вследствие ограниченного развития и высокой хрупкости в аллювиальных россыпях почти не сохраняется. При дроблении дает осколки по (001) и (110) неправильной формы.

Определение. Под бинокляром англезит определяется по бесцветности или слабой окраске, сильному алмазному блеску, хрупкости и малой твердости. Проверяется под микроскопом в иммерсионных препаратах по высоким показателям преломления, более точно определяемым лишь в сплавах.

Проще англезит определяется при помощи пленочных реакций. При воздействии водного раствора (5%) иодистого калия зерна или полированная поверхность англезита быстро покрываются золотисто-желтой пленкой двуиодистого свинца; при воздействии холодного водного раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (2%) и NaOH (0,5%) — пленкой свинцового хромата яркожелтого цвета. Обе пленочные реакции помогают отличить англезит от церуссита.

Перед паяльной трубкой англезит растрескивается и плавится в пламени спиртовки с образованием свинцового металлического королька. Корольек свинца образуется также при сплавлении на угле с содой. Англезит медленно растворяется в азотной кислоте. В растворе можно открыть серу и свинец.

В осколках англезит похож на церуссит и отчасти на шеелит но отличается от церуссита медленным растворением в кислотах и пленочной реакцией с иодистым калием, от шеелита — также пленочной реакцией с иодистым калием, большей хрупкостью, более высоким двупреломлением и отсутствием вольфрама.

Барит BaSO_4 . Ромбической сингонии. Кристаллы обычно таблитчатые по (001), также призматические. Чаше вытянуты по второй кристаллографической оси с преобладанием грани (102), развиты и по (001) с преобладанием грани (110) или по (100) с преобладанием грани (011) (рис. 63). Кроме того, барит находится в пластинчатых или зернистых массах, напоминающих белый мрамор. Реже встречается землистый барит. Спайность по

(001) и (110) совершенная, по (010) несовершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 2,5—3,5. Уд. вес 4,3—4,6. Блеск стеклянный до жирного, иногда перламутровый. Порошок белый. Цвет белый, желтый, серый, голубой или буроватый; чаще бывает белый. В крупных кристаллах непрозрачен или просвечивает. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010); $N_g \perp (100)$. $2V = 37^\circ$. Показатели преломления: $N_p = 1,636$; $N_m = 1,637$; $N_g = 1,648$. Двупреломление низкое с серыми до белых цветами интерференции.

В россыпях обычно встречается в виде окатанных или полукатанных прямоугольных толстых пластинок или табличек с совершенной спайностью. При дроблении раскалывается по направлению совершенной спайности — по (001) и (110) на прямоугольные пластинки или таблички, реже образуются спайные осколки по (010).

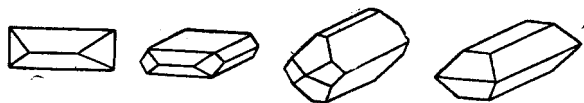


Рис. 63. Барит

Определение. Под бинокляром барит определяется по пластинчатой форме зерен, молочно-белому цвету, стеклянному-матовому или перламутровому блеску, малой твердости. Проверяется главным образом в иммерсионных жидкостях по средним показателям преломления, пластинчатой, почти прямоугольной форме осколков с ровными прямолинейными очертаниями, низкому двупреломлению и небольшому $2V$.

В соляной и азотной кислотах не растворяется. В растворимое состояние переводится путем сплавления с содой. Полученный сплав раздавливается и растворяется в воде. В водный раствор переходит SO_4 . Нерастворимый остаток фильтруется, промывается водой и растворяется в соляной кислоте. В этом солянокислом растворе производится реакция на барий.

В пластинчатых или табличчатых осколках барит сходен с полевыми шпатами, карбонатами и другими сульфатами: гипсом, ангидритом и целестином. Но от полевых шпатов барит отличается удельным весом (больше 2,9), более высокими показателями преломления, а также присутствием серы и бария и отсутствием кремния, от карбонатов — нерастворимостью в кислотах, низким двупреломлением и показателями преломления. От других сульфатов барит отличается главным образом более высокими показателями преломления, а также химическими свойствами: от гипса и ангидрита — отсутствием кальция и нерастворимостью в кислотах, от целестина — отсутствием стронция.

9. ВОЛЬФРАМАТЫ И МОЛИБДАТЫ

Вольфраматы и молибдаты неэлектромагнитной фракции обычно не окрашены или имеют светлую окраску и обладают высоким удельным весом, смолистым до алмазного блеском, средней твердостью и высокими показателями преломления (выше, чем у иммерсионных жидкостей), точнее определяемыми в сплавах. При кипячении в соляной кислоте с металлическим оловом эти минералы дают характерное посинение раствора.

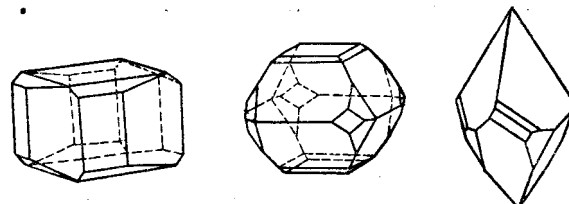


Рис. 64. Вульфенит

Вульфенит $PbMoO_4$. Молибдат свинца. Тетрагональной сингонии. Кристаллы бипирамидальные (рис. 64) или табличчатые, реже призматические. Спайность по (111) довольно ясная. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 2,75—3. Уд. вес 6,7—7,0. Блеск смолистый или алмазный. Цвет восково-желтый, зеленоватый, белый, бурый. Под бинокляром в мелких зернах полупрозрачен. Под микроскопом прозрачен. Оптически отрицательный. Высокие показатели преломления: $N_p = 2,29—2,34$ и $N_m = 2,40—2,45$. В шлихах встречается в виде квадратных табличек. Значительно реже встречаются острибипирамидальные кристаллы, чаще матовые окатанные зерна неправильной формы. При дроблении дает угловатые с неровным изломом, реже пластинчатые осколки по спайности.

Определение. Вульфенит под бинокляром определяется по бипирамидальным квадратным пластинкам и кристаллам, жирноватому до алмазного блеску, светложелтой, реже зеленоватой или бурой окраске и малой твердости. Проверяется под микроскопом по высоким показателям преломления, высокому двупреломлению и отрицательному оптическому знаку. Растворяется в соляной кислоте с образованием на зернах белой пленки $PbCl_2$, а в капле соляной кислоты зеленеет от прикосновения железной иглой. Это позеленение на белом фоне пленки хлористого свинца особенно хорошо заметно. Этими реакциями проверяется наличие свинца (белый фон) и молибдена (позеленение). Лучше для реакций на свинец и молибден растворить минерал в азотной кислоте.

В неправильных обломочных зернах вульфенит сходен с пироморфитом, миметезитом, чиллагитом, ванадинитом и шеелитом. От всех упомянутых минералов вульфенит проще отличить

химическим путем. С пироморфитом и миметезитом вульфенит сходен по характеру растворения в соляной кислоте (с образованием белого налета хлористого свинца), но в отличие от них, зеленеет в соляной кислоте от прикосновения железной палочкой: в вульфените отсутствует фосфор и мышьяк, но присутствует молибден. От ванадинита вульфенит отличается более медленным растворением в соляной кислоте без характерного для ванадинита буровато-красного окрашивания раствора, а также отсутствием ванадия. От шеелита вульфенит легко отличать по высокому двупреломлению и ярким цветам интерференции, отрицательной фигуре и характеру растворения в соляной кислоте (см. Шеелит). Очень трудно вульфенит отличить от чиллагита: $3\text{PbMoO}_4 \cdot \text{PbWO}_4$. Различить эти два минерала возможно только при помощи химического анализа на вольфрам и молибден.

Повеллит CaMoO_4 . Молибдат кальция, иногда с примесью вольфрама. Тетрагональной сингонии. Обычно встречается в виде мелких бипирамидальных кристалликов или находится в землистых массах. Спайность по (111). Твердость 3,5. Уд. вес 4,34. Блеск матовый землистый. Под микроскопом прозрачен. Оптически положительный. Высокие показатели преломления: $N_g = 1,978-1,984$ и $N_m = 1,967-1,974$. Характерно яркое нежнозеленое свечение в катодных лучах. Повеллит образуется при окислении молибденита. В россыпях не сохраняется.

Определение. Повеллит определяется по нахождению в белых или зеленовато-желтых землистых массах. Проверяется по яркому нежнозеленому свечению в катодных лучах и химически на кальций и молибден. При кипячении в соляной кислоте с железом дает синевато-зеленую каемку. При растворении в соляной кислоте от прикосновения железной палочкой зерна повеллита зеленеют. В случае присутствия в повеллите вольфрама при кипячении в соляной кислоте с металлическим оловом образуется синяя каемка.

Шеелит CaWO_4 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов псевдооктаэдрический. Бипирамидальные кристаллы с преобладающим развитием основной тетрагональной бипирамиды и слабо развитыми мелкими гранями других бипирамид. Реже наблюдается

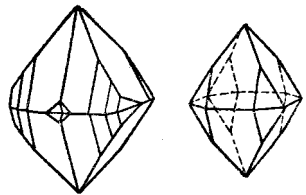


Рис. 65. Шеелит

шеелит таблитчатый с резко развитым пинакоидом (001), чаще сплошной зернистый. Для бипирамид характерна вытянутость по (001) (рис. 65). Спайность по (111) средняя. Твердость 4,5—5. Уд. вес 5,8—6,0. Излом неровный, раковистый. Хрупкий. Цвет белый, серый, желтоватый, зеленоватый. Порошок белый. Блеск жирный, шелковистый до алмазного. Под бинокуляром в осколках прозрачен или просвечивает. Иногда матовый, молочный. Оптически положительный с низким двупрелом-

лением. Высокие показатели преломления: $N_m = 1,918$ и $N_g = 1,934$. Характерно яркоголубое свечение в катодных лучах (по свечению шеелит сходен с алмазом).

В россыпях встречается часто, обычно в виде окатанных зерен неправильной формы, белого цвета, матовых или с шелковистым блеском. Кристаллы наблюдаются исключительно редко. При дроблении колется на угловатые неправильные зерна с неровным изломом и очень редко дает неправильные пластинчатые осколки по спайности.

Определение. Если сохранились кристаллы, то шеелит легко определяется по бипирамидальной форме. Но обычно в россыпях и в дробленых рудах наблюдаются зерна неправильной формы, в которых шеелит определяется по белому или желтоватому цвету, жирному или шелковистому блеску и средней твердости. Проверяется под микроскопом по высоким показателям преломления, более точно определяемым лишь в сплавах, низкому двупреломлению, положительной одноосной фигуре. Просто и быстро определяется по пленочной реакции с соляной кислотой и оловом. При кипячении шеелита в соляной кислоте происходит образование желтой вольфрамовой кислоты, которая при приоблавлении олова синее.

Шеелит в осколках сходен со многими белыми неокрашенными минералами — полевыми шпатами, баритом, апатитом и флюоритом, но он отличается от них высокими показателями преломления, а также пленочной реакцией и яркоголубым свечением в катодных лучах. Кроме того, от полевых шпатов шеелит отличается высоким удельным весом и средней твердостью, от барита — неправильной формой осколков, от флюорита — анизотропностью.

Штольцит PbWO_4 . Тетрагональной сингонии. Обычны бипирамидальные кристаллы. Твердость 3. Уд. вес 7,87—8,13. Цвет зеленый, бурый, красноватый. Блеск жирный, алмазный. Оптически отрицательный. Высокие показатели преломления: $N_p = 2,19$ и $N_m = 2,27$. В россыпях штольцит встречается исключительно редко и в виде окатанных неправильных зерен.

Определение. Штольцит определяется по окраске, жирному до шелковистого блеску, малой твердости. Под микроскопом проверяется по высоким показателям преломления, определяемым лишь в сплавах, высокому двупреломлению и оптически отрицательной фигуре. Быстрее штольцит определяется по реакциям на вольфрам и свинец. В соляной кислоте растворяется с образованием белой пленки хлористого свинца, слабо уловимой под бинокуляром, при кипячении с оловом происходит посинение раствора от образования вольфрамовой кислоты. От шеелита штольцит отличается присутствием свинца и отсутствием кальция. Штольцит по составу одинаков с распитом. Распит отличается от одинакового с ним по составу штольцита лишь дуосной положительной фигурой.

ГЛАВА VII. МИНЕРАЛЫ ЛЕГКОЙ ФРАКЦИИ

Легкую фракцию составляют минералы с удельным весом меньше 2,9. В большинстве случаев легкие минералы не представляют интереса при исследованиях и анализах шлихов. Они не концентрируются в шлихе, а, наоборот, шлик обедняется легкими минералами по сравнению с исходным материалом. При этом в процессе отмывки удаляются наиболее легкие, пластинчатые и дисперсные минералы, и, таким образом, состав легкой фракции шлиха сильно искажается по сравнению с легкой фракцией исходного материала. Кроме того, фракционирование и изучение минералов легкой фракции требует применения специальных методов, не затронутых в настоящей книге. Поэтому ниже кратко описываются лишь главнейшие минералы легкой фракции по группам, которые приведены в табл. 5.

Таблица 5
Минеральные группы легкой фракции

Самородные элементы	Окислы	Карбонаты	Силикаты	Сульфаты
Графит Сера	Кварц	Доломит Кальцит	Берилл Гарниерит Полевые шпаты Слюды Хлориты Хризоколлa	Алунит Гипс

Из самородных элементов в данной фракции могут быть отмечены графит и сера. Из карбонатов здесь могут присутство-

вать кальцит, доломит и частично арагонит, из сульфатов — гипс и алунит, из окислов — кварц, халцедон и опал, из силикатов — полевые шпаты, слюды, хлориты, водные алюмосиликаты, водные силикаты меди и никеля и берилл. Немногие минералы легкой фракции обладают магнитной проницаемостью. Из них электромагнитны лишь темноокрашенные слюды, серпентин и хлориты.

1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Графит С. Тригональной сингонии. Габитус пластинчатый или таблитчатый в виде шестисторонних кристаллов по базопинакоиду. Иногда треугольная или перистая штриховка на базопинакоиде. Спайность совершенная по пинакоиду (0001). Твердость 1—2. На ощупь жирный. Пишет на бумаге и мажет пальцы. Мягкий и в тонких чешуйках или листочках гибкий. Уд. вес 2—2,3. Излом неровный — зернистый, листоватый. Черта черная блестящая. Блеск металлоидный до жирного, плотные разности матовые. Непрозрачен. Под микроскопом в отраженном свете графит светлосерый. Похож на молибденит, имеет коричневатый оттенок. Твердость низкая. Сильно развиты явления двуотражения. Резко анизотропен. Реактивами не травится.

В россыпях графит не сохраняется вследствие низкого удельного веса, низкой твердости, легкой расслаиваемости по спайности. Кроме того, тонкие чешуйки графита иногда не успевают смачиваться водой и поэтому быстро смываются.

Определение. Графит определяется по низкому удельному весу, исключительной мягкости, железно-черному цвету, металлоидному блеску, черной блестящей черте. Проверяется в отраженном свете по светлосерому цвету, явлениям двуотражения и анизотропности. В кислотах и щелочах не растворим. При промывке дробленной руды частично всплывает вследствие трудной смачиваемости. Химически проверяется следующим образом. Зерно графита помещается на цинковую пластинку в каплю раствора CuSO_4 . При этом образуется металлическая медь в виде пятна на пластинке.

В мелких чешуйках графит легко спутать с молибденитом. Но графит отличается несколько более темным железно-черным цветом, металлоидным блеском и низким удельным весом (всплывает в бромформе). Кроме того, в отличие от молибденита, графит не сплавляется с содой и другими плавнями, но при прокаливании на воздухе сгорает и также не растворим в царской водке.

Сера S. Ромбической или моноклинной сингонии. Кристаллы остропирамидальные или таблитчатые. Порошковатая. Излом раковистый до неровного. Хрупкая до трудно режущейся ножом. Твердость 1,5—2,5. Уд. вес 2,05—2,09. Блеск смолистый. Цвет серно-, соломенно- и медово-желтый, зеленоватый и красноватый.

Порошок желтый. Под бинокляром непрозрачная до просвечивающей. Под микроскопом прозрачная. Оптически положительная. Двупреломление высокое. $Np = 1,958$; $Nm = 2,038$; $Ng = 2,245$. В россыпях не сохраняется, так как легко истирается и распыляется.

Определение. Сера определяется по серно-желтому цвету, смолистому блеску, низкой твердости, трудной смачиваемости и всплыванию в воде. Под микроскопом проверяется по высоким показателям преломления и высокому двупреломлению. В кислотах сера не растворима. Перед паяльной трубкой сгорает синим пламенем.

В неправильных осколках серу можно спутать с аурипигментом, но она отличается чрезвычайно низким удельным весом (всплывает в бромформе).

2. ОКИСЛЫ

Из окислов легкой фракции будет описан лишь один кварц, обычно составляющий значительную часть материала россыпей.

Кварц SiO_2 . Тригональной сингонии. Кристаллы обычно призматические с гранями (1010), оканчивающиеся ромбоэдрами (1011) и (0111). В случае равного развития граней обоих ромбоэдров кристаллы имеют вид гексагональной пирамиды (рис. 66).

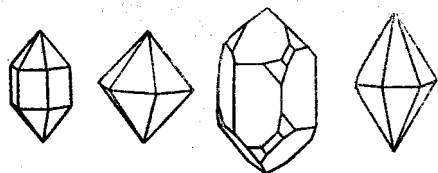


Рис. 66. Кварц

Спайность отсутствует. Излом раковистый до неяснораковистого. Твердость 7. Уд. вес 2,65. Блеск стеклянный. Чаще бесцветный или белого цвета. Реже имеет различные цветные оттенки. Под бинокляром в осколках чаще прозрачен. Оптически поло-

жительный. Двупреломление слабое. $Nm = 1,544$ и $Ng = 553$.

Кварц широко распространен и в россыпях весьма устойчив. Кристаллы наблюдаются редко. Чаще встречается в виде окатанных неправильных зерен. При дроблении дает угловатые зерна неправильной формы с неровным полураковистым или занозистым изломом.

Определение. В неправильных зернах под бинокляром кварц определяется по бесцветности, стеклянному блеску, высокой твердости, под микроскопом в иммерсионных препаратах — по угловатой неправильной форме осколков с серыми цветами интерференции, одноосной положительной фигуре и низким показателям преломления. В соляной, азотной и серной кислотах не растворяется, разлагается лишь плавиковой кислотой.

В осколках кварц сходен со многими бесцветными минералами: апатитом, флюоритом, полевыми шпатами, неокрашенными пироксенами, эпидотом и т. д. От упомянутых минералов, кроме

полевых шпатов и флюорита, кварц отличается низким удельным весом и более низкими показателями преломления. Большинство полевых шпатов и флюорит имеют более низкие показатели преломления, чем кварц. В отличие от кварца, полевые шпаты, кроме того, являются оптически двуосными. По прозрачности, бесцветности, стеклянному блеску и неровному излому в осколках кварц очень сходен с опалом и халцедоном, но отличается от них более высокими показателями преломления и, кроме того, от опала — анизотропностью, от халцедона — более высоким двупреломлением.

3. КАРБОНАТЫ

В состав легкой фракции из карбонатов входят очень немногие, главным образом кальцит, доломит и частично арагонит. Последний имеет удельный вес, равный удельному весу бромформа (2,95), поэтому большей частью находится во взвешенном состоянии и полностью в бромформе не всплывает. Для карбонатов характерны пластинчатая форма зерен, прозрачность, быстрое растворение в кислотах с шипением, а также высокое двупреломление с высокими перламутровыми цветами интерференции. Особенно характерно огненно-красное свечение в катодных лучах, которое выделяет карбонаты среди всех минералов.

Доломит $CaMg(CO_3)_2$. Тригональной сингонии. Кристаллы ромбоэдрического габитуса. Обычны формы (1011) или (4041). Двойники по (0001) или (1011). Спайность совершенная по ромбоэдру (1011). Излом несколько раковистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 2,8—2,9. Блеск стеклянный, у некоторых разновидностей переходит в перламутровый. Цвет белый, красноватый и зеленоватый. Прозрачный до просвечивающего. Оптически отрицательный. $Nm = 1,681$ и $Np = 1,502$. В отраженном свете серый, светлее кварца.

В россыпях доломит более устойчив, чем кальцит, встречается обычно в виде таблитчатых, реже пластинчатых полуокатанных зерен. При дроблении доломит дает пластинчатые зерна с тупыми углами по ромбоэдру.

Определение. В россыпях и дробленной руде доломит устанавливается по таблитчато-пластинчатой форме зерен, весьма совершенной спайности, небольшой твердости. Под микроскопом проверяется в проходящем свете в иммерсионных жидкостях по показателям преломления, резко выраженной псевдоабсорбции и высоким цветам интерференции. Растворяется в соляной кислоте при нагревании с выделением газовых пузырьков, на холоду растворение идет слабо.

По внешнему виду пластинчато-таблитчатых спайных осколков доломит совершенно не отличается от кальцита, но под микроскопом легко отличается от него по показателям преломления. Кроме того, они различаются по удельному весу. Свечение в ка-

тодных лучах у обоих минералов огненно-красное. По пластинчатой форме зерен доломит иногда можно спутать также с баритом и полевым шпатом, но он отличается от них под микроскопом в проходящем свете высоким двупреломлением и показателями преломления.

Кальцит CaCO_3 . Тригональной сингонии. Габитус кристаллов очень различный: от тупого до острого ромбоэдра и от тонко-таблитчатого до длиннопризматического. Кальцит отличается особенно большим разнообразием кристаллографических форм сравнительно с другими минералами (рис. 67). Спайность по (1011) весьма совершенная; отдельность по плоскостям двойникования. Излом раковистый, получаемый с трудом. Нередко грубо- и тонковолокнистый, иногда пластинчатый, часто зерни-

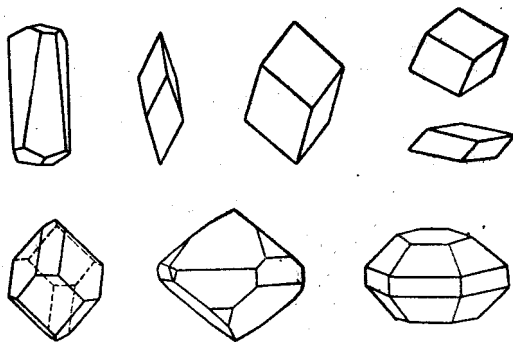


Рис. 67. Кальцит

стый. Плотный до землистого. Твердость 3, у землистых разностей меньше. Уд. вес 2,71. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Бесцветный или белый, а также наблюдаются светлые оттенки различных цветов. Редко темноокрашенный. Под бинокляром в осколках прозрачный или просвечивает. Оптически отрицательный. $N_p = 1,486$ и $N_m = 1,658$.

Широко распространен в осадочных и жильных образованиях, но в аллювиальных отложениях сохраняется редко вследствие легкой растворимости в кислых растворах и низкой твердости. При дроблении раскалывается главным образом по спайности на таблитчатые пластинки.

Определение. Кальцит определяется по таблитчатой, пластинчатой форме осколков, совершенной спайности по ромбоэдру, перламутровому блеску на плоскостях спайности, малой твердости, белому порошку. Под микроскопом проверяется в иммерсионных препаратах по пластинчатому осколкам, высоким нежноперламутровым цветам интерференции, показателю преломления N_m , одноосной отрицательной фигуре. Химически про-

веряется по легкой растворимости на холоду в соляной кислоте с бурным вскипанием и реакции на кальций.

В осколках кальцит сходен со многими карбонатами — анкеритом, доломитом и другими, но легко отличается от них в иммерсионных препаратах по показателю преломления N_m и значительно меньшему удельному весу. По химическому составу кальцит одинаков с арагонитом, кристаллизующимся в ромбической сингонии. Но, в отличие от кальцита, арагонит является двусным минералом, с более высоким удельным весом и более высокими показателями преломления. Иногда по пластинчатым осколкам кальцит можно спутать с полевыми шпатами и баритом, но кальцит легко отличается в иммерсионных препаратах по высоким перламутровым цветам интерференции и показателям преломления.

4. СИЛИКАТЫ

Данная группа минералов легкой фракции самая многочисленная: в ней представлены полевые шпаты, слюды, хлориты и водные алюмосиликаты. Темноокрашенные железистые слюды могут иметь уд. вес 2,9 или даже немного больше — около 3,0.

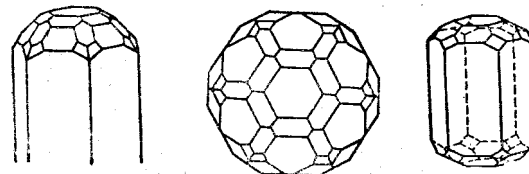


Рис. 68. Берилл

Для всех силикатов легкой фракции характерны низкие показатели преломления и нерастворимость в соляной и азотной кислотах. Из минералов легкой фракции, содержащих редкие металлы, описывается лишь берилл. Легкие минералы, содержащие цветные металлы — медь и никель, встречаются довольно редко; из них ниже описываются гарниерит и хризоколла.

Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$. Гексагональной сингонии. Кристаллы длиннопризматические с хорошо развитыми призматическими и едва заметными бипирамидальными гранями. Обычно хорошо развит базальный пинакоид (рис. 68). Призматические грани покрыты вертикальной штриховкой, реже горизонтальной. Спайность по (0001) слабая. Излом раковистый до неровного. Твердость 7,5—8. Уд. вес 2,63—2,80. Блеск стеклянный, иногда тусклый. Цвет изумрудно-зеленый, бледнозеленый, голубой, желтый, белый, а также бесцветный. Порошок белый или просвечивающий. В мелких осколках берилл под бинокляром почти всегда прозрачен. В шлифах бесцветен. Оптически отрицательный. $N_p = 1,564—1,595$ и $N_m = 1,568—1,602$. Низкое двупреломление.

Серые цвета интерференции. В природе берилл чаще наблюдается в виде крупных кристаллов, поэтому, попадая в россыпи, он обычно раскалывается на угловатые зерна неправильной формы с неровным раковистым изломом.

О п р е д е л е н и е. В россыпях и дробленой руде берилл большей частью встречается в виде прозрачных зерен неправильной формы и определяется по стеклянному блеску, бесцветности или слабой зеленоватой и желтоватой окраске и очень высокой твердости. Проверяется под микроскопом в иммерсионных препаратах по низкому двупреломлению, серым цветам интерференции, одноосной отрицательной фигуре и низким показателям преломления. Химически проверяется редко, так как в кислотах и щелочах не растворим. В растворимое состояние переводится путем сплавления с содой. Химически проверяется на бериллий, алюминий и кремний.

В осколках берилл сходен со многими бесцветными минералами — кварцем, топазом, флюоритом и др. Но от кварца берилл легко отличается по более высоким показателям преломления, от топаза отличается отсутствием спайности, низким удельным весом и низкими показателями преломления, от флюорита — анизотропностью и более высокими показателями преломления. При обработке растворами CuSO_4 и Na_2SO_4 и последующем прокаливании берилл дает светозеленое свечение в катодных лучах.

Гарниерит $(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Большой частью скрытокристаллический, натечный, глиноподобный или землистый. Легко впитывает воду. Твердость 2,5—4. Уд. вес 2,5. Хрупкий. Цвет яблочно-зеленый, яркий. Минерал матовый, иногда со слабым до жирного блеском. Под бинокляром непрозрачен. Под микроскопом в тонких препаратах прозрачен. N около 1,59. Низкое двупреломление. В россыпях гарниерит не сохраняется. При дроблении гарниерит рассыпается в порошокватую массу. Плотные разности имеют раковистый излом.

О п р е д е л е н и е. Гарниерит определяется по яркому яблочно-зеленому цвету и исключительной хрупкости. Под микроскопом проверяется в иммерсионных препаратах по низкому двупреломлению и низкому показателю преломления. Химически проверяется на никель после разложения минерала в соляной кислоте. Раствор выпаривается до небольшого объема, нейтрализуется аммиаком, и в него добавляется капля раствора диметилглиоксима; в присутствии никеля выпадает розовый осадок. По характеру образования гарниерит сходен со вторичными окисленными минералами меди: малахитом, хризоколлой и аурихальцитом, но от малахита и аурихальцита отличается малым удельным весом, низкими показателями преломления и двупреломлением, спокойным разложением в соляной кислоте без вскипания, отсутствием меди и присутствием никеля и кремния с магнием, от хризоколлы — отсутствием меди и присутствием никеля и магния.

Полевые шпаты почти все представляют по составу изоморфные смеси алюмокремневых солей натрия, калия и кальция: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, KAlSi_3O_8 и $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. По преобладанию того или иного из этих трех компонентов группу полевых шпатов можно разбить на подгруппы натрово-известковых полевых шпатов или плагиоклазов — изоморфных смесей $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (альбита) и $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (анортита) и кали-натровых полевых шпатов — изоморфных смесей KAlSi_3O_8 (ортоклаза или микроклина) и $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (альбита).

По морфологическим и физическим свойствам полевые шпаты очень близки между собой. Кристаллизуются они в триклинной или моноклинной сингониях. Габитус кристаллов по преимуществу призматический, таблитчатый и таблитчато-призматический. Для плагиоклазов чрезвычайно характерны полисинтетические двойники и для калиевых полевых шпатов (ортоклаза, санидина) — простые двойники. Для микроклина характерно решетчатое полисинтетическое двойникование. Полевые шпаты имеют высокую твердость (6—6,5), совершенную спайность по (001) и (010), низкий удельный вес (2,55—2,76). Излом неровный, иногда слабо раковистый. Цвет белый, сероватый, зеленоватый, бурый и др. Под микроскопом бесцветный. Порошок белый. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности несколько перламутровый. В тонких осколках под бинокляром прозрачны или полупрозрачны. Двуосные с меняющимся углом оптических осей и низкими показателями преломления.

В россыпях полевые шпаты устойчивы и обычно преобладают в составе аллювиальных и других отложений, но по сравнению с кварцем менее устойчивы. При дроблении полевые шпаты частично раскалываются на спайные пластинки с перламутровым блеском, чаще дают угловатые зерна неправильной формы с неровным изломом.

О п р е д е л е н и е. Полевые шпаты определяются по светлой окраске, пластинчатой форме зерен, стеклянному блеску, высокой твердости, низкому удельному весу и нерастворимости в кислотах и щелочах. Проверяются под микроскопом в иммерсионных препаратах по низким показателям преломления, низкому двупреломлению, двуосной фигуре и двойникам. Последнее свойство лучше улавливается в цементных шлифах, где минерал сеется в различных направлениях. Ниже полевые шпаты сведены в таблицу, где расположены по возрастанию показателей преломления и удельного веса (табл. 6, стр. 164).

Рассматривая приведенные константы, замечаем, что калиевые полевые шпаты (ортоклаз и микроклин) — оптически отрицательные и имеют более низкие показатели преломления и удельный вес, чем плагиоклазы.

Для калиевых полевых шпатов характерна пелитизация с бурыми продуктами замещения; для микроклина, кроме того, характерно своеобразное решетчатое полисинтетическое двойни-

Таблица
Оптические константы и удельный вес полевых шпатов

Название минерала	<i>N_g</i>	<i>N_m</i>	<i>N_p</i>	2 <i>V</i>	Уд. вес
Ортоклаз	1,525	1,523	1,518	—83°	2,56
Микроклин	1,525	1,522	1,518	—83°	2,56
Альбит	1,536	1,529	1,525	+74°	2,61
Олигоклаз	1,549	1,546	1,541	—86°	2,64
Андезин	1,557	1,553	1,550	+88°	2,68
Лабрадор	1,563	1,558	1,555	+79°	2,70
Битовнит	1,573	1,569	1,564	—82°	2,73
Анортит	1,588	1,583	1,575	—77°	2,77

кование. Для плагиоклазов характерны серицитизация (замещение тонкочешуйчатым серицитом) и полисинтетическое двойникование. Химически полевые шпаты проверяются в редких случаях на отдельные элементы: Al, Ca, Na, K и SiO₂.

В осколках полевые шпаты можно спутать со многими неокрашенными минералами легкой фракции: нефелином, лейцитом, скаполитами и цеолитами. Но от всех упомянутых минералов полевые шпаты отличаются оптическими свойствами: показателями преломления, осностью и полисинтетическим двойникованием. Нефелин по показателям преломления и серым цветам интерференции сходен с альбитом, но отличается от него одноосной отрицательной фигурой, а также отсутствием полисинтетического двойникования (последнее свойство не всегда наблюдается и у альбита). Скаполит по показателям преломления близок к средним плагиоклазам — андезину и лабрадору, но от всех полевых шпатов отличается яркими цветами интерференции и одноосной отрицательной фигурой. От цеолитов полевые шпаты отличаются более высокими показателями преломления. От неокрашенных минералов тяжелой фракции (барита, карбонатов и др.) полевые шпаты отличаются низкими показателями преломления.

Слюды представляют собой основные алюмосиликаты магния и калия или алюминия и калия с небольшим количеством натрия. Железо замещает как магний, так и алюминий. Кристаллизуются в моноклинной сингонии с большим приближением к гексагональной или ромбической сингонии. Плоские углы базопинакоида во всех случаях близки к 60 или 120°. Спайность весьма совер-

шенная. В тонких чешуйках прозрачны. Оптически отрицательные с малым 2*V* (0—40°). Блеск перламутровый и шелковистый. Уд. вес 2,7—3,1. Бесцветные или окрашены в зеленый и бурый до черного, реже в сиреневый и красный цвет. Окраска зависит главным образом от присутствия железа, марганца и хрома. К бесцветным слюдам относятся мусковит и серицит, к темноокрашенным — биотит, флогопит и фуксит, к слабо окрашенным — сиреневый лепидолит. Железные и марганцевые слюды довольно сильно плеохроичны. Двупреломление 0,03—0,04. Окрашенные слюды электромагнитны. В катодных лучах светится лишь литиевая слюда — лепидолит. Свечение лепидолита темномалиновое. В шлихах слюды обычно сохраняются в небольшом количестве, так как при промывке уходят большей частью в хвосты.

О п р е д е л е н и е. Слюды определяются по чешуйчатой или пластинчатой форме зерен, совершенной спайности, прозрачности, перламутровому блеску и способности при раздавливании не дробиться, а расщепляться по спайности параллельно базальному пинакoidу. Проверяются исключительно иммерсионным методом в пластинках с сечением, почти перпендикулярным к острой бисектрисе, с темносерыми цветами интерференции. При дроблении вследствие резко выраженной спайности слюды не дают сечений, параллельных оптической оси, с яркими цветами интерференции. В кислотах и щелочах не растворимы, потому для микрохимических реакций на составляющие их элементы предварительно сплавляются.

Ниже для наиболее известных слюд приведены их оптические свойства, цвет и удельный вес (табл. 7, стр. 166).

Хлориты — водные магниевые-алюминиевые силикаты, в которых магний частично замещается двухвалентным, а алюминий — трехвалентным железом. В противоположность слюдам, не содержат щелочей, но подобно слюдам имеют весьма совершенную или совершенную спайность. Моноклинной сингонии. Для них характерна зеленая окраска. Твердость 1,5—3. Уд. вес 2,60—3,15. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности иногда перламутровый, реже матовый. Оптический знак положительный или отрицательный. Плеохроичны. Показатели преломления изменяются в пределах 1,56—1,67. Хлориты с показателями преломления, большими 1,60—1,61, имеют удельный вес больше 2,9 и попадают в тяжелую электромагнитную фракцию.

Все хлориты являются электромагнитными.

В шлихи хлориты попадают в небольшом количестве, так как вследствие пластинчатой и чешуйчатой формы уходят при промывке в хвосты.

О п р е д е л е н и е. К хлоритам с низким удельным весом (не больше 2,77) относятся клинохлор и пеннин. Хлориты определяются по пластинчатому или чешуйчатому строению, зеленой окраске и низкой твердости. Проверяются исключительно оптическим путем по чешуйчатой форме пластинок, низким цветам

Оптические константы, цвет и удельный вес слюды

Название и формула минерала	N_g	N_m	N_p	$-2V$	Цвет	Уд. вес
Лепидолит $K(Al, Li)_2(OH, F)_2[Al, Si]_4O_{10}$	1,556	1,553	1,530	46°	Бесцветный или сиреневый	2,8—2,9
Флогопит $KMg_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	1,564—1,570	1,563—1,570	1,535—1,540	Малый	Светлобурый	2,78—2,85
Мусковит $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	1,588—1,598	1,582—1,593	1,552—1,560	42°	Бесцветный, желтоватый, сероватый, серебристый	2,76—3,10
Фуксит — хромовая слюда $K(Al, Cr)_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	1,597—1,611	1,593—1,604	1,559—1,569	40°	Зеленовато-желтый	2,86—2,88
Биотит $K(Al, Fe)_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	1,630—1,677	1,630—1,676	1,580—1,623	Малый	Бурый или черный	2,7—3,1

интерференции (от серых до синих) и низким показателям преломления. В кислотах и щелочах не растворимы. Более точно хлориты определяются при помощи термического и химического анализов.

Под микроскопом хлориты сходны со слюдами, но отличаются от них низким двупреломлением, зеленой окраской и прямым угасанием чешуек.

Хризоколла $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$. Скрытокристаллическая. Опалоподобная, эмалевидная и землистая. Редко наблюдаются микроскопические игольчатые кристаллы. Излом раковистый и землистый. Твердость 2,4. Уд. вес 2—2,2. Блеск стеклянный, землистый. Цвет малахитово-зеленый или голубовато-зеленый, синевато-зеленый. Под микроскопом тонкочешуйчатая до скрыточешуйчатой. Слабый зеленоватый плеохроизм. Показатели преломления изменяются в пределах 1,40—1,635. Минерал большей частью оптически одноосный положительный, но бывает и двуосным отрицательным. В россыпях не сохраняется, являясь минералом зоны окисления. При дроблении дает зерна неправильной формы.

Определение. Хризоколла определяется по малахитово-зеленому цвету, натечным образованиям и низкой твердости, под микроскопом в иммерсионных препаратах — по тонкоагрегатному до скрыточешуйчатого строению, низким показателям преломления и зеленому цвету. Химически устанавливается реакциями на медь и кремнекислоту и выделением воды в закрытой трубке. Растворяется в соляной кислоте со слабым выделением газовых пузырьков и образованием студенистого осадка SiO_2 .

В осколках хризоколла сходна с диоптазом, малахитом, бирюзой, брошантитом, псевдомалахитом и силикатами никеля, но от первых четырех отличается более низким удельным весом и низкими показателями преломления, а от бирюзы и брошантита, кроме того, отсутствием фосфора, алюминия и серы, от силикатов никеля — отсутствием никеля.

5. СУЛЬФАТЫ

В состав легкой фракции входят главным образом водные сульфаты, из которых наиболее известны алунит и гипс.

Алунит $KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$. Тригональной сингонии. Кристаллы в форме ромбоэдров, напоминающих кубы. Чаще плотный, имеющий волокнистую, зернистую структуру, или порошокватый. Спайность по (0001) ясная. Излом плоско-раковистый, неровный, у плотных разновидей занозистый. Иногда землистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 2,58—2,72. Блеск стеклянный, на спайных пластинках (0001) жемчужный. Цвет белый, сероватый или красноватый. Порошок белый. Оптически положительный. $N_m = 1,572—1,583$ и $N_g = 1,592—1,595$. В россыпях алунит не сохраняется вследствие большой хрупкости.

Определение. Алунит определяется по псевдокубической форме кристаллов, но чаще по нахождению в плотных или землистых массах. Проверяется по низким показателям преломления и по реакциям на калий, алюминий и серу. В соляной и азотной кислотах не растворим. С трудом растворим в серной кислоте. В закрытой трубке дает воду. В землистых массах алунит легко спутать со многими водными алюмосиликатами, но он отличается оптическими свойствами и присутствием серы.

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Моноклинной сингонии. Габитус кристаллов пластинчатый по (010) или призматический, до остроконечных кристаллов, вытянутых по третьей кристаллографической оси



Рис. 69.
Гипс

(рис. 69). Часто наблюдаются двойники наподобие ласточкина хвоста. Спайность по (010) весьма совершенная. Хрупкий: легко крошится между пальцами. Излом раковистый. Твердость 1,5—2. Уд. вес 2,30. Блеск на плоскостях спайности перламутровый и иризирующий; в изломе стеклянный, у плотных разновидностей часто мерцающий; иногда землистый матовый. Цвет чаще белый, иногда серый, медово-желтый, загрязненный бурый до черного, реже бесцветный. Порошок белый. В кристаллах большей частью прозрачный или просвечивает. Оптически положительный. Плоскость оптических осей (010). $2V = 58^\circ$. Угол Ng с [001] равен 52° ; $Nm = [010]$. Показатели преломления: $Np = 1,520$; $Nm = 1,523$; $Ng = 1,530$. В россыпях не сохраняется вследствие легкой растворимости. При дроблении большей частью дает сечения по спайности (010).

Определение. Под биноклем гипс определяется по таблитчатой форме и спайным пластинкам с перламутровым иризирующим блеском, повышенной хрупкости и низкой твердости. Проверяется в иммерсионных препаратах по пластинчато-удлиненной форме осколков и показателям преломления. В соляной кислоте растворяется на холоду, при этом открываются кальций и SO_4 . При прокаливании в закрытой трубке гипс выделяет воду и делается непрозрачным.

В осколках сходен с ангидритом, кальцитом, арагонитом и цеолитами, но отличается от ангидрита более низкими показателями преломления и присутствием воды, от кальцита и арагонита — меньшей твердостью, спокойным без вскипания растворением в соляной кислоте, присутствием воды и серы, от цеолитов — растворимостью в кислотах без образования студенистого осадка кремневой кислоты, более высокими показателями преломления и двупреломлением.

ЛИТЕРАТУРА

1. По анализу шлихов

- Богословский М. Г., Савицкая П. В., Соломкина С. Г. Люминесцирующие минералы. «Советская геология», № 10, 1938.
- Бонштедт Э. М. Определение удельного веса минералов в тяжелых жидкостях. АН СССР, 1939.
- Вопросы исследования шлихов. Сборник ВИМС, 1934.
- Воронова Е. А. и Зеeman Т. В. О методике исследования шлихов. Изв. ВГРО, 64, 1931.
- Зеeman Т. В. и Лурье М. Л. Инструкция по составлению шлиховых карт. ГОНТИ, 1938.
- Комовский Г. Ф. и Аболенский Ф. Люминесценция минералов и аппаратура для ее исследования. «Проблемы советской геологии», № 4, 1938.
- Комовский Г. Ф. и Разумная Е. Г. Микроскоп с катодной ячейкой и люминесцентный количественный анализ. «Советская геология», № 11, 1938.
- Копченова Е. В. Минералогический анализ шлихов. Госгеолиздат, 1940.
- Копченова Е. В. и Карюкина В. Н. Применение капельных химических реакций при минералогическом изучении шлихов. Тр. ВИМС, вып. 158, 1940.
- Кудрявцева В. М. и Гастинг Н. Л. Аппаратура для полевых и лабораторных определений минералов в шлифах и штуфах по методу катодной люминесценции. «Разведка недр», № 5, 1940.
- Ли А. Ф. Методы сокращения шлиховых проб. «Разведка недр», № 1, 1948.
- Ложкин В. В. Полевой минералогический анализ шлихов. Глазго-лито, 1937.
- Новиков В. А. Применение пленочных реакций и диагностического травления для минералогического анализа шлихов. «Советская геология», № 10, 1939.
- Новиков В. А. О необходимом весе проб при опробовании россыпей на редкие минералы. «Разведка недр», № 2—3, 1940.
- Новиков В. А. Пленочные реакции для диагностики минералов свинца, висмута, молибдена и ванадия. «Советская геология», № 8, 1945.
- Ожогин Г. С. Опыт применения и перспективы катодо-люминесцентного анализа минералов в полевых условиях. «Разведка недр», № 5, 1940.
- Рейнборн К. и Мильнер Г. Поиски и разведки аллювиальных месторождений. Пер. с англ. под ред. Б. П. Некрасова, 1933.
- Рожкова Е. В. и Покровская Т. А. Определение черных непрозрачных минералов в шлифах. «Редкие металлы», № 6, 1933.
- Сборник статей по методике минералогического анализа шлихов и терригенной части осадочных горных пород. Тр. ВИМС, вып. 158, 1940.
- Сигов А. П. Шлиховые изыскания. Тр. Уральского ин-та геологии и Свердловского горного ин-та, вып. IV, ГОНТИ, 1939.

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА МИНЕ

Фракции	Прозрачность минералов	Группы		
		Самородные элементы	Сульфиды, сульфосоли и арсениды	Галоиды и окислы
Магнитная	Непрозрачные	Железо Магнитная платина Магнитное золото	Кубанит Пирротин	Магнетит Титано-магнетит
Электромагнитная	Непрозрачные			Гематит Ильменит Лимонит Пиrolюзит Хромит
	Прозрачные			Шпинель
Тяжелая неэлектромагнитная	Непрозрачные	Висмут Золото Медь Олово Осмистый иридий Платина Свинец Серебро	Антимонит Арсенопирит Борнит Буланжерит Висмутин Галенит Кобальтин Ковеллин Марказит Молибденит Сперрит Станнин Пентландит Пирит Тетрадимит Тетраэдрит Халькозин Халькопирит	Тенорит
	Прозрачные	Алмаз	Аурипигмент Киноварь Реальгар Сфалерит	Кераргирит Флюорит Анализ Брукит Валентинит Касситерит Кермезит Корунд Куприт Рутил Тунгстит Шпинель
Легкая	Непрозрачные	Графит		
	Прозрачные	Сера		Кварц

РАЛОВ ПО ФРАКЦИЯМ

минералов				
Гидроокислы	Силикаты	Титанаты, титано-силикаты, тантало-ниобаты	Карбонаты и сульфаты	Фосфаты, вольфраматы, молибдаты, арсенаты
Лимонит Псиломелан-вад		Колумбит—танталит		Вольфрамит Ферберит
	Амфиболы Гельвин Гранаты Оливин Ортит Пироксены Ставролит Турмалин Эпидот	Астрофиллит Лампрофиллит Сфен Перовскит Пироклор	Сидерит Ярозит	Гюбнерит Ксенотим Монацит
	Андалузит Волластонит Кианит Родонит Спидиманит Сподумен Топаз Тремолит Циркон		Азурит Базобисмутит Малахит Родохрозит Смитсонит Церуссит Ангидрит Англезит Барит	Апатит Ванадинит Вульфенит Пироморфит Повеллит Скородит Шеелит Штольцит Эритрин
	Берилл Гарниерит Полевые шпаты Слюды Хлориты Хризоколла		Алуит Гипс Доломит Кальцит	

СПИСОК ОБОРУДОВАНИЯ ШЛИХОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. Электромагнит
2. Бинокляр
3. Поляризационный микроскоп с опак-иллюминатором и универсальным Федоровским столиком
4. Постоянный магнит
5. Набор иммерсионных жидкостей и сплавов
6. Паяльная трубка
7. Набор стандартных сит
8. Технические весы с разновесами
9. Пресс для монтирования полированных цементных шлифов
10. Аппаратура для люминесцентного анализа (катодная и ультрафиолетовая установки)
11. Ступка Абиха
12. Ступка яшмовая
13. Электроплитка
14. Спиртовка
15. Платиновая посуда: проволочка, тигелек и ложечка
16. Воронки делительные с притертыми кранами
17. Воронки химические
18. Стаканчики химические
19. Чашки фарфоровые
20. Тигли фарфоровые
21. Игла стальная
22. Игла медная
23. Шкала твердости по Моосу
24. Пинцеты
25. Щипцы
26. Сетки асбестовые
27. Кисточки акварельные
28. Зажимы Мора
29. Капельницы стеклянные
30. Каучуковые трубки и пробки
31. Стеклянные палочки с плоским основанием
32. Штативы железные с кольцами
33. Центрифуги

СПИСОК ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТИВОВ

I. Реактивы для разделения шлихов по удельному весу

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1. Бромформ | 4. Жидкость Сушина—Рорбаха |
| 2. Иодистый метилен | 5. Азотнокислая закись ртути |
| 3. Жидкость Туле | 6. Спирт ¹ |

II. Реактивы для микрохимического анализа шлихов

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Соляная кислота | 18. Роданистый калий |
| 2. Азотная кислота | 19. Роданистый аммоний |
| 3. Серная кислота | 20. Уксуснокислый натрий |
| 4. Уксусная кислота | 21. Перекись водорода |
| 5. Аммиак | 22. Азотнокислое серебро |
| 6. Молибденовокислый аммоний | 23. Едкий натр |
| 7. Гранулированное олово | 24. Едкое кали |
| 8. Цинковая пластинка | 25. Хлористый барий |
| 9. Диметилглиоксим | 26. Углекислый натрий (сода) |
| 10. Иодистый калий | 27. Окись свинца |
| 11. Хлористый цезий | 28. Окись хрома |
| 12. Хлористый рубидий | 29. Висмутат натрия |
| 13. Азотнокислый калий | 30. Хлорное золото |
| 14. Кислый сернокислый калий | 31. Азотнокислый таллий |
| 15. Железистосинеродистый калий | 32. Ксантогенат калия |
| 16. Железосинеродистый калий | 33. Танин |
| 17. Цианистый калий | |

III. Реактивы для травления минералов в полированных цементных шлифах

1. Азотная кислота — концентрированная и разбавленная (1:1)
2. Соляная кислота — концентрированная и разбавленная (1:1)
3. Царская водка
4. Цианистый калий — 20%-ный раствор
5. Едкое кали — 40%-ный раствор
6. Хлорное железо — насыщенный раствор и 20%-ный раствор
7. Марганцевокислый калий
8. Двухлористая ртуть — 5%-ный раствор
9. Перекись водорода — 30%-ный раствор

¹ Можно заменить бензолом, четыреххлористым углеродом или метиловым спиртом.

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Азурит 133
 Алмаз 99
 Алунит 167
 Амфиболы 77
 Анатаз 126
 Ангидрит 150
 Англезит 150
 Андалузит 139
 Антимонит 107
 Апатит 146
 Арсенопирит 108
 Астрофиллит 88
 Аурипигмент 109
 Аурихальцит 134
 Базобисмутит 135
 Барит 151
 Берилл 161
 Борнит 110
 Брукит 126
 Буланжерит 110
 Валентинит 127
 Ванадинит 147
 Висмут 101
 Висмутовый блеск=
 висмутин 111
 Волластонит 139
 Вольфрамит 97
 Вульфенит 153
 Галенит 112
 Гарниерит 162
 Гельвин 79
 Гематит 71
 Гипс 168
 Гранаты 79
 Графит 157
 Гюбнерит 97
 Доломит 159
 Железо самородное 64
 Золото 102
 Ильменит 72
 Кальцит 160
 Касситерит 128
 Кварц 158
 Кераргирит 124
 Кермезит 129
 Кианит 140
 Киноварь 113
 Кобальтин 114
 Ковеллин 114
 Колумбит — танталит 91
 Корунд 130
 Ксенотим 94
 Кубанит 66
 Куприт 131
 Лампрофиллит 89
 Лимонит 76
 Магнетит 67
 Малахит 135
 Марказит 115
 Медь 103
 Молибденит 115
 Монацит 95
 Оливин 81
 Олово 103
 Ортит 82
 Осмистый иридий 104
 Пентландит 116
 Перовскит 90
 Пирит 117
 Пироксены 83
 Пирролюзит 73
 Пироморфит 148
 Пирохлор 92
 Пирротин 65
 Платина 104
 Платина магнитная 65
 Повеллит 154
 Полевые шпаты 163
 Псиломелан 76
 Реальгар 118
 Родохрозит 136
 Родонит 141
 Рутил 131
 Свинец 105
 Сера 157
 Серебро 106
 Сидерит 93
 Силлиманит 142
 Скородит 148
 Слюды 164
 Смитсонит 137
 Сперрилит 119
 Сподоумен 142
 Ставролит 85
 Станнин 119
 Сфалерит 120
 Сфен 89
 Танталит—колумбит 91
 Тенорит 133
 Тетрадимит 121
 Тетраэдрит 122
 Титано-магнетит 68
 Топаз 143
 Тремолит 144
 Тунгстит 133
 Турмалин 86
 Ферберит (см. вольфра-
 мит) 97
 Флюорит 125
 Халькозин 123
 Халькопирит 123
 Хлориты 165
 Хризоколла 167
 Хромит 74
 Церуссит 137
 Циркон 145
 Шеелит 154
 Шпинель 75
 Штольцит 155
 Элидот 87
 Эритрин 149
 Ярозит 94

УКАЗАТЕЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Алюминий 35	Литий 45	Ртуть 52
Барий 35	Магний 45	Свинец 52
Бериллий 36	Марганец 46	Сера 53
Ванадий 37	Медь 47	Серебро 53
Висмут 37	Молибден 49	Сурьма 54
Вольфрам 38	Мышьяк 49	Тантал 55
Железо 39	Натрий 50	Теллур 55
Золото 40	Никель 50	Титан 56
Калий 41	Ниобий 55	Фосфор 56
Кальций 42	Олово 51	Хром 56
Кобальт 43	Платина 51	Цинк 57
Кремний 44		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
1. Понятие о шлихе и рудном концентрате	5
2. Методы анализа шлихов и рудных концентратов	6
ГЛАВА II. ПОДГОТОВКА ШЛИХОВ И РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА	8
1. Взятие средней пробы	8
2. Рассев на ситах	9
3. Магнитная сепарация	10
4. Электромагнитная сепарация	11
5. Разделение в тяжелых жидкостях и расплавах	13
6. Доводка шлихов и рудных концентратов путем отмывки	16
7. Доводка шлихов и рудных концентратов путем отдувки	17
ГЛАВА III. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	18
1. Просмотр под биноклем	18
2. Количественная оценка шлихов и рудных концентратов	22
3. Иммерсионный метод	26
4. Методы микроскопического исследования в цементных шлифах в проходящем и отраженном свете	29
5. Химические методы	30
6. Люминесцентные методы	57
7. Другие методы исследования	63
ГЛАВА IV. МИНЕРАЛЫ МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ	64
1. Самородные элементы	64
2. Сульфиды	65
3. Окислы	67
ГЛАВА V. МИНЕРАЛЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ	69
1. Окислы	70
2. Гидроокислы	76
3. Силикаты	77
4. Титано-силикаты	88
5. Титанаты	90
6. Тантало-ниобаты	91
7. Карбонаты	93
8. Сульфаты	94
9. Фосфаты	94
10. Вольфраматы	96

ГЛАВА VI. МИНЕРАЛЫ ТЯЖЕЛОЙ НЕЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ	99
1. Самородные элементы	99
2. Сульфиды, сульфосоли и арсениды	106
3. Галоиды	124
4. Окислы	125
5. Карбонаты	133
6. Силикаты	139
7. Фосфаты, арсенаты и ванадаты	146
8. Сульфаты	150
9. Вольфраматы и молибдаты	153
ГЛАВА VII. МИНЕРАЛЫ ЛЕГКОЙ ФРАКЦИИ	156
1. Самородные элементы	157
2. Окислы	158
3. Карбонаты	159
4. Силикаты	161
5. Сульфаты	167
Литература	169
Приложения	172
1. Сводная таблица минералов по фракциям	172
2. Список оборудования шлиховой лаборатории	174
3. Список химических реактивов	175
4. Указатель минералов	176
5. Указатель элементов	177