

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)
МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ

Е. В. КОПЧЕНОВА

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ
ШЛИХОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА—1951

ПРЕДИСЛОВИЕ

Шлихами называют концентраты минералов большого удельного веса, получаемые при отмывке водой природных рыхлых отложений. Почти все ценные в промышленном отношении минералы россыпей обладают сравнительно большим удельным весом и при промывке рыхлых горных пород оказываются в шлихе.

Шлиховой метод опробования широко используется в золото-платиновой промышленности. С давних лет добыча золота и платины как в России, так и в других странах производилась главным образом из россыпей. Однако более полное изучение минералогического состава россыпей для практического использования шлихов началось сравнительно недавно. Первые работы по изучению шлихов наиболее интересных россыпей Урала, Сибири и других районов СССР были проведены лишь 20—25 лет назад.

В настоящее время шлихи используются как сырье для получения золота, платины, олова, тантала, ниобия, вольфрама, ртути и других редких элементов.

Шлиховые изыскания широко применяются также при проведении геолого-поисковых и разведочных работ. Этот вид опробования при незначительных затратах и примитивном оборудовании позволяет определить минералогический состав горных пород района. Многолетний опыт показал, что изучение шлихов—наиболее точный поисковый метод при поисках многих полезных ископаемых. Шлиховое опробование является незаменимым методом поисков в районах с незначительным обнажением коренных горных пород.

Анализ шлихов часто применяется также при изучении коренных плотных горных пород. Для этого породу дробят, отмывают водой и получают «искусственный» шлих. Сопоставление результатов анализа искусственных шлихов коренных пород изучаемого района с минералогическим составом россыпей часто позволяет судить об источнике того или иного тяжелого минерала в россыпях и о дальности его перемещения.

Важное значение имеет шлиховое опробование при разведке на нефть. Выявленные при этом постоянные ассоциации тяжелых минералов позволяют проводить детальную и точную корреляцию осадочных отложений на значительных площадях. При проведении региональной геологической съемки попутное шлиховое опробование может дать ценные указания на рудоносность района, и теперь оно составляет неотъемлемую часть любой геологической съемки.

При изучении шлихов необходимо иметь в виду, что внешний вид минералов россыпей, в силу особенностей образования последних, часто резко отличается от вида минералов коренных месторождений. При образовании россыпей происходит естественная сортировка минералов по удельному весу, твердости, хрупкости и другим физическим свойствам. При перемещении водными потоками многие минералы легко окатываются и в той или иной степени теряют свойственные им кристаллические формы.

Неустойчивые в химическом отношении минералы покрываются с поверхности пленкой вторичных продуктов изменения. Последнее явление особенно часто наблюдается на сульфидах. Так, пирит в аллювиальных отложениях почти всегда покрывается сплошной пленкой лимонита, а галенит превращается в церуссит, отлагающийся обычно по тонким трещинам спайности минерала.

При изучении искусственных шлихов определение минералов часто затрудняется отсутствием форм кристаллов, нарушаемых при дроблении, и наличием сростков, иногда составляющих значительную часть шлиха.

Настоящая книга рассчитана главным образом на минералогов, приступающих к изучению минералогического состава шлихов впервые. В ней учтен опыт, накопившийся со времени выхода в свет в 1940 г. первой работы Е. В. Копченовой «Минералогический анализ шлихов», в связи с чем переделаны таблицы определения минералов, а более полное описание их выделено в особую главу. Заново написаны главы: «Определение удельных весов минералов», «Люминесценция минералов», «Пленочные реакции», «Определение минералов по оптическим свойствам», «Количественный шлиховой анализ», «Форма кристаллов», «Ассоциации минералов в россыпях и минералы-спутники».

Значительно увеличено количество иллюстраций, приведены таблицы простейших форм кристаллов, при описании минералов даны наиболее распространенные формы кристаллов.

ОБЩАЯ СХЕМА МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ШЛИХОВ

В полевых условиях для определения минералов шлихов приходится пользоваться наиболее простыми методами анализа, не требующими применения сложных приборов. Минералы определяются, главным образом, по внешнему виду (окраске, блеску и форме зерен), удельному весу и с помощью простейших химических реакций.

При анализах искусственных шлихов из дробленых проб определение минералов часто затрудняется из-за плохой сохранности кристаллических форм, нарушаемых при дроблении горной породы. В этом случае приходится чаще прибегать к определению оптических свойств и химического состава минералов.

Иногда в лабораторию поступают шлихи недостаточно хорошо отмытые, т. е. содержащие большое количество кварца, полевых шпатов и других легких минералов. Обычно такие шлихи имеют серую окраску и в промышленности называются «серыми шлихами». Эти шлихи перед анализом предварительно отмывают («доводят»), пользуясь небольшим железным ковшом или алюминиевой или фарфоровой чашкой. Доводку шлиха производят в большом тазу или в ведре. Шлих высыпают в железный ковш (или чашку) и погружают ковш в воду. Встряхиванием взмучивают шлих и, осторожно наклонив ковш, смывают легкие минералы. Даже при очень тщательной отмывке незначительная часть тяжелых минералов смывается вместе с легкими. Поэтому после первой промывки оставшийся в ковше шлих переносят в небольшую фарфоровую чашку, а легкие минералы, находящиеся на дне таза или ведра, вторично отмывают в ковше. Выделенные после второго отмывания тяжелые минералы присоединяют к основной массе отмытого шлиха. Затем шлих высушивают и взвешивают.

Минералогический анализ шлиха делится на две существенно различные части: механическое разделение шлиха на фракции и определение минералов.

В состав шлиха обычно входит большое число различных минералов, многие из которых весьма сходны по внешнему виду. Очень часто наиболее интересные в промышленном или поисковом отношении минералы присутствуют в шлихе в относительно малых количествах и не могут быть обнаружены без предварительного выделения их из общей массы минералов. Разделение шлихов на фракции основано на различии физических свойств минералов: магнитности, удельного веса и размера зерен.

Определение минералов, выделенных из шлихов, в полевых условиях, как уже говорилось, производят по внешнему виду, окраске, удельному весу и с помощью простейших химических реакций. Для более точной диагностики минералов приходится пользоваться определением оптических свойств, люминесценции

минералов в катодных и ультрафиолетовых лучах и другими более сложными методами анализа, которые уже не всегда можно использовать в условиях полевой шлиховой лаборатории.

Общая схема минералогического анализа шлика приведена на рис. 1 и сводится к следующим операциям:

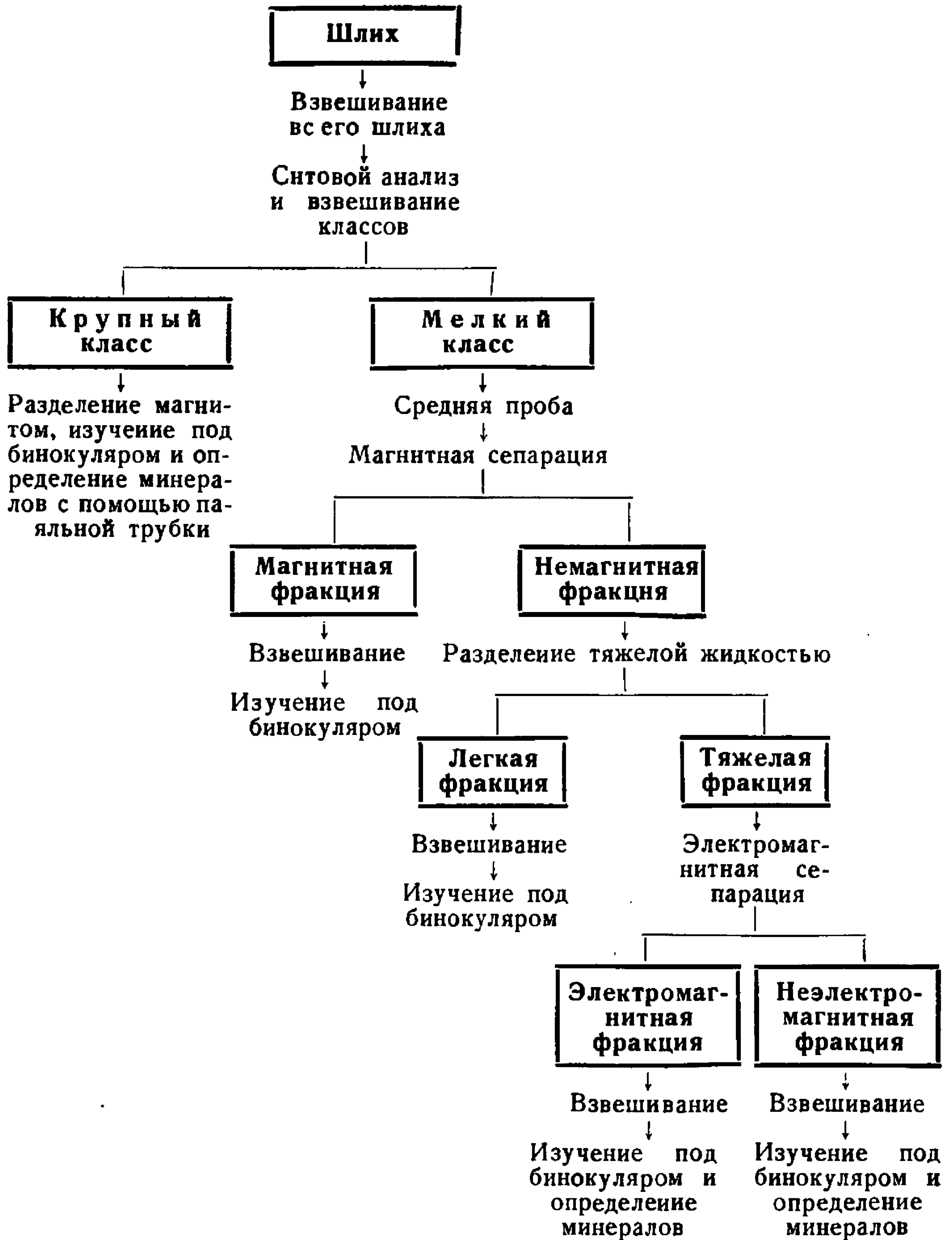


Рис. 1. Общая схема шлихового анализа

1. Взвешивание всего шлиха.
2. Разделение на ситах и взвешивание выделенных классов.
3. Изучение крупного класса под бинокуляром и определение минералов с помощью паяльной трубки.
4. Отбор средней пробы из мелкого класса и взвешивание ее.
5. Разделение постоянным магнитом.
6. Разделение электромагнитом.
7. Разделение тяжелой жидкостью.
8. Изучение фракций под бинокуляром.
9. Определение минералов под микроскопом и с помощью химических реакций.
10. Количественное определение минералов.

ВЗВЕШИВАНИЕ

Взвешивание шлиха и всех выделенных фракций проводят на аптекарских весах с точностью до 0,01 г. Если в лабораторию поступают большие количества шлиха, взвешивание производят на весах Роберваля. Результаты взвешивания записывают в табл. 1.

РАССЕИВАНИЕ НА СИТАХ

Шлих, содержащий минеральные зерна различной крупности, перед анализом должен быть рассеян на ситах, так как неравномернозернистый материал не дает полного разделения минералов магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями. Кроме того, ситовой анализ позволяет определить процентное соотношение минералов в классах различной крупности. Если количество шлиха велико и для анализа приходится отбирать среднюю пробу, то ее необходимо отбирать после рассеивания, так как не исключена возможность, что средняя проба, отобранная из шлиха, содержащего зерна различной крупности, будет значительно отличаться от среднего состава всего шлиха. При шлиховом анализе обычно употребляют сита с диаметром отверстий в 2 мм, 1 мм и 0,5 мм.

Часто пользуются набором сит, вставляющихся одно в другое. Колонку сит составляют таким образом, чтобы верхнее сито было самым крупным, а под ним помещались сита с постепенно уменьшающимся диаметром отверстий. Шлих высыпают в верхнее сито и встряхивают колонку сит до тех пор, пока не закончится разделение. После этого сита разъединяют и взвешивают классы, оставшиеся на ситах.

Иногда размеры отверстий сит измеряются не в миллиметрах, а в мешах. Это американская система измерения, по которой число меш соответствует числу отверстий в линейном дюйме. Величина отверстий в миллиметрах для американских сит приведена в табл. 2.

Схема записи результатов минерало

№ п/п	Месторождение, № шлиха	Вес промытой породы, кг	Общий вес шлиха, г	Вес крупного класса, г	Вес мелкого класса, г	Навеска для анализа, г	Магнитная фракция, г	Тяжелая неэлек		
								Вес фракции, г	касситерит	шеелит
	Белая речка									
1	Шлих № 260	30	120,52	17,20	103,32	10,0	1,15	0,90	××	×
2	Шлих № 261	30	45,20	21,35	23,85	10,0	0,80	1,15	×××	ед. з.

Примечание: ед. з.—единичные зерна минерала во фракции, ×××—много минерала (50—90%).

Число меш увеличивается с уменьшением размера отверстий. В последнее время в советской литературе обсуждается вопрос о единой шкале отверстий сит. П. Ф. Еремин (1949) предлагает проект шкалы отверстий сит, приведенный в табл. 3.

Таблица 2

Размер отверстий сит

Сита системы Тайлора		Сита системы УММ	
число отверстий в линейном дюйме (меш)	величина отверстий мм	число отверстий в линейном дюйме (меш)	величина отверстий мм
3	6,68	5	2,54
4	4,70	8	1,57
6	3,30	10	1,27
8	2,36	12	1,06
10	1,65	16	0,79
14	1,17	20	0,64
20	0,83	30	0,42
28	0,59	40	0,32
35	0,42	50	0,25
48	0,295	60	0,21
65	0,208	70	0,18
80	0,175	80	0,16
100	0,147	90	0,14
150	0,104	100	0,13
200	0,074	120	0,11
		150	0,08
		200	0,06

гического анализа шлихов

громагнитная фракция				Электромагнитная фракция							Примечание
циркон	золото	андалузит	апатит	вес фракции, г	ильменит	турмалин	вольфрамит	колумбит	монацит	роговая обманка	
×××	—	ед. з.	ед. з.	1,82	×××	×	—	ед. з.	×	ед. з.	
×	ед. з.	—	—	0,58	××	××	ед. з.	—	×	ед. з.	

×—мало минерала (1—10%), ××—среднее количество минерала (10—50%),

Таблица 3

Шкала отверстий сит

Сантиметровые см	Миллиметровые мм		Микроновые μ
10	10	1	100
8	8	0,8	80
6	6	0,6	60
4	4	0,4	40
2	2	0,2	20
1	1	0,1	10

КРУПНЫЙ КЛАСС

Крупный класс содержит зерна диаметром больше 0,5 мм. Если шлик рассеивался на нескольких ситах, то имеется несколько крупных классов, например: от 0,5 до 1 мм, от 1 до 2 мм и > 2 мм. Каждый из этих классов разделяют магнитом и просматривают под биноклем. Минералы, выделенные из крупных классов, определяют с помощью паяльной трубки или обычными методами шлихового анализа, описанными в настоящей работе и применяемыми для мелких зерен. Результаты определения также вносятся в табл. 1.

СРЕДНЯЯ ПРОБА

Если вес шлика или мелкого класса после ситового разделения превышает 12—15 г, то для анализа отбирают среднюю пробу. При отборе средней пробы необходимо соблюдать опре-

деленные предосторожности для того, чтобы эта проба действительно соответствовала среднему составу всего образца. Сокращение пробы до веса, необходимого для анализа, имеет исключительно важное значение, так как исследование неправильно взятой пробы не может дать хороших результатов даже при самом тщательном анализе ее.

Существуют различные методы сокращения проб, описанные в соответствующих руководствах (С. Т. Волков и Л. В. Тимофеев, 1934; А. А. Глаголев, 1941; В. В. Доливо-Добровольский и Ю. В. Клименко, 1947; Е. В. Копченова, 1940).

Наиболее простым является метод квартования, не требующий специального оборудования и потому пользующийся наиболее широким распространением на практике. При квартовании хорошо перемешанную пробу шлиха высыпают через воронку на большое стекло или на лист плотной гладкой бумаги. Образующийся конус шлиха с помощью другого стекла или гладкой деревянной линейки выравнивают в плоский круг одинаковой толщины и делят крестообразно на четыре части. Две противоположные четверти берут для средней пробы; их тщательно перемешивают и квартуют дальше до тех пор, пока не получат пробу нужного веса.

Средняя проба, полученная методом квартования, часто значительно отличается по своему составу от всего шлиха, как это было установлено С. Т. Волковым и Л. В. Тимофеевым еще в 1934 г. Многие исследователи считают, что методом квартования большой пробы шлиха с малой концентрацией ценного минерала вообще невозможно получить надежную среднюю пробу для анализа.

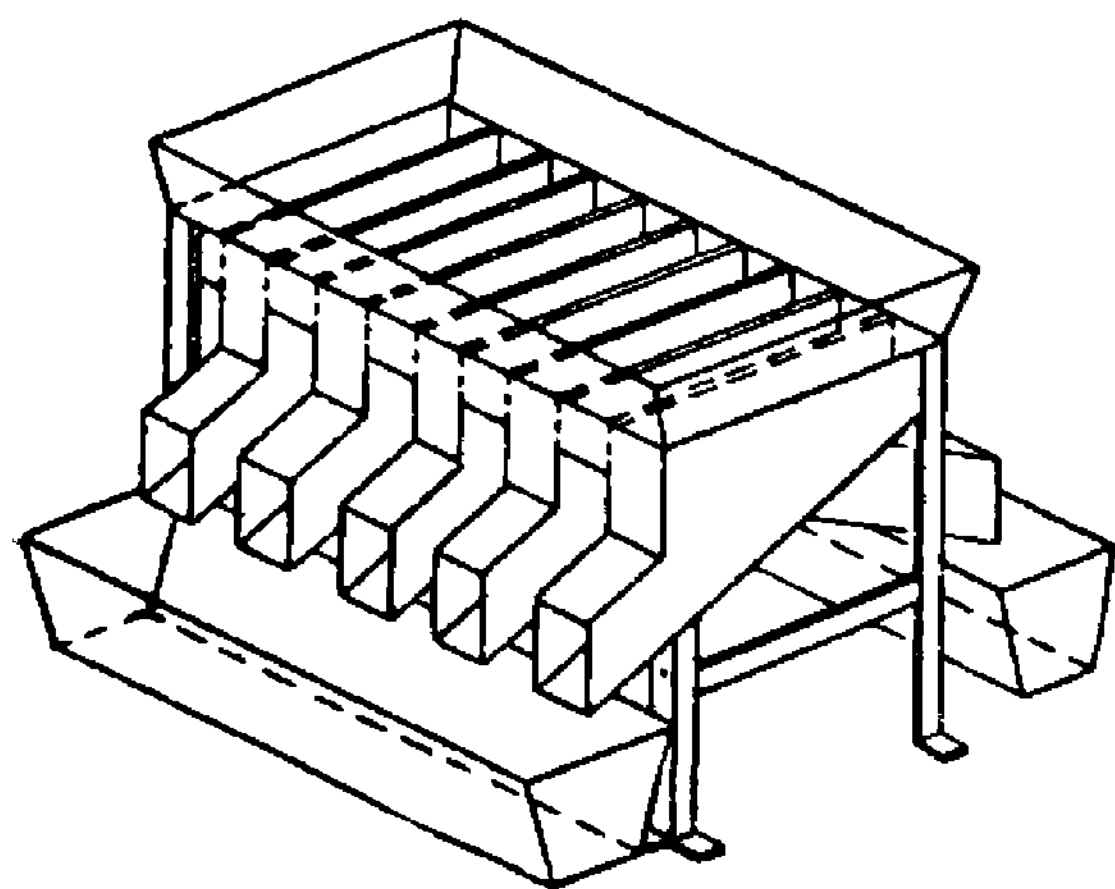


Рис. 2. Схема делителя Джонса

Применение специальных приборов для сокращения позволяет более точно выделить среднюю пробу из большой массы шлиха. Наиболее часто для сокращения проб применяют делитель Джонса, состоящий из ряда желобков одинакового размера, имеющих наклонные днища и разгружающихся в разные стороны (рис. 2). Эти делители изготовляются различных размеров и могут применяться как для деления большого количества шлиха, так и для небольших проб весом 2—3 г.

Применяются также и другие приборы для сокращения, описание которых имеется в работах А. А. Глаголева (1941) И. Н. Плаксина (1947) и других.

Вес средней пробы шлиха, употребляемой для минералогического анализа, зависит в первую очередь от содержания опре-

деляемых минералов и от крупности шлиха. Чем меньше в шлихе ценного минерала, тем большее количество шлиха должно подвергаться изучению, иначе может случиться, что при сокращении в конечную пробу не попадет ни одного зерна определяемого минерала и в результате анализа получится неправильное представление о полном отсутствии его в шлихе.

При анализе шлихов навеска для минералогического изучения часто берется без каких-либо теоретических расчетов, на основании практических наблюдений. В работах В. А. Новикова (1940) и А. Ф. Ли (1948) приводятся теоретические расчеты веса средней пробы, обеспечивающего надежные результаты минералогического анализа.

А. Ф. Ли считает, что степень сокращения пробы зависит от следующих факторов:

- 1) содержания определяемого минерала в шлихе;
- 2) крупности зерен минералов;
- 3) удельного веса определяемого минерала;
- 4) погрешности анализа.

Истинное содержание минерала в шлихе обычно бывает неизвестным и не может точно учитываться при сокращении шлиха. При теоретических расчетах приходится пользоваться предполагаемым содержанием минерала в шлихе.

Размеры зерен шлиха определяются просеиванием через сита.

При высоком удельном весе минерала средняя проба шлиха должна быть больше, чем для минерала низкого удельного веса.

Погрешность или допустимая ошибка анализа является величиной заданной.

При минералогическом анализе шлихов погрешность сокращения часто является общей ошибкой анализа. По аналогии с погрешностями, допускаемыми при химическом анализе, Ли считает, что при содержании, например, вольфрамита, касситерита и других ценных минералов в шлихах до 0,2% точность можно принять равной $\pm 30\%$, а при содержании 1% и выше — равной $\pm 15\%$. Тогда, принимая во внимание в среднем 100-кратную концентрированность минералов в шлихах, при пересчете на исходный материал в первом случае истинное содержание, вместо 20 г/т, будет 14 или 26 г/т, а во втором случае — 85 или 115 г/т, вместо 100 г/т.

Теоретические расчеты приводят Ли к выводу, что для шлиха, содержащего 2000 г ценного минерала на тонну, при погрешности анализа 30% и удельном весе минерала 7 (касситерит), средняя проба для анализа может быть вычислена по формуле

$$q = 35 d^3,$$

где q — вес средней пробы;

d — наибольший диаметр зерен шлиха.

Проверка этой формулы на искусственных смесях магнетита, граната, ильменита и касситерита показала, что она с успехом может быть использована при отборе средней пробы для количественного минералогического анализа шлихов.

Вес средней пробы для анализа шлихов различной крупности, вычисленный по формуле А. Ф. Ли, приведен в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Вес средней пробы шлиха

Наибольший размер зерен мм	Вес средней пробы г
0,3	0,9—1
0,5	4,4—5
1	35,0

Во всех случаях навеску для анализа меньше 1 г брать не рекомендуется.

В шлиховой лаборатории ВИМС на основании многолетнего опыта вес средней пробы для качественного анализа определяют в зависимости от минералогического состава шлиха. Если шлик содержит много магнитных минералов (это устанавливается приблизительно по виду шлиха), для анализа берут среднюю пробу мелкого класса (—0,5 мм) весом не менее 15—20 г. Для шлихов с небольшим количеством магнитных минералов берут среднюю пробу в 8—10 г. Если в шлихах производят определение очень редко встречающихся минералов, то для анализа берут большое количество шлиха (100 г и более).

Среднюю пробу взвешивают и вес записывают по схеме, данной в табл. 1.

МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Многие минералы обладают постоянной магнитностью, в то время как магнитные свойства некоторых других изменяются в широких пределах. К последним относится группа амфиболов, пироксенов, оливина и подобных им минералов, представляющих изоморфную смесь магнезиальных и железистых силикатов, причем один и тот же минерал может быть отнесен к фракциям различной магнитности в зависимости от количества железа, входящего в его состав.

Магнитная сепарация минералов производится с помощью постоянных магнитов и электромагнитов различной конструкции.

Для отделения сильно магнитных минералов шлик рассыпают тонким слоем на листе бумаги и равномерно передвигают над ним сильный постоянный магнит. Для удобства разделения

полюсы магнита нужно обернуть куском тонкой папиросной бумаги. Когда к полюсам магнита притянется достаточное количество минералов, магнит переносят на другой лист чистой бумаги и снимают папиросную бумагу с полюсов; при этом магнитные минералы падают. Обработку повторяют до полного отделения всех магнитных минералов.

Если в шлихе имеется очень много магнитных минералов, то при разделении они могут увлекать с собой также и некоторое количество немагнитных. В этом случае магнитную фракцию обрабатывают магнитом еще раз и немагнитный остаток присоединяют к немагнитной фракции.

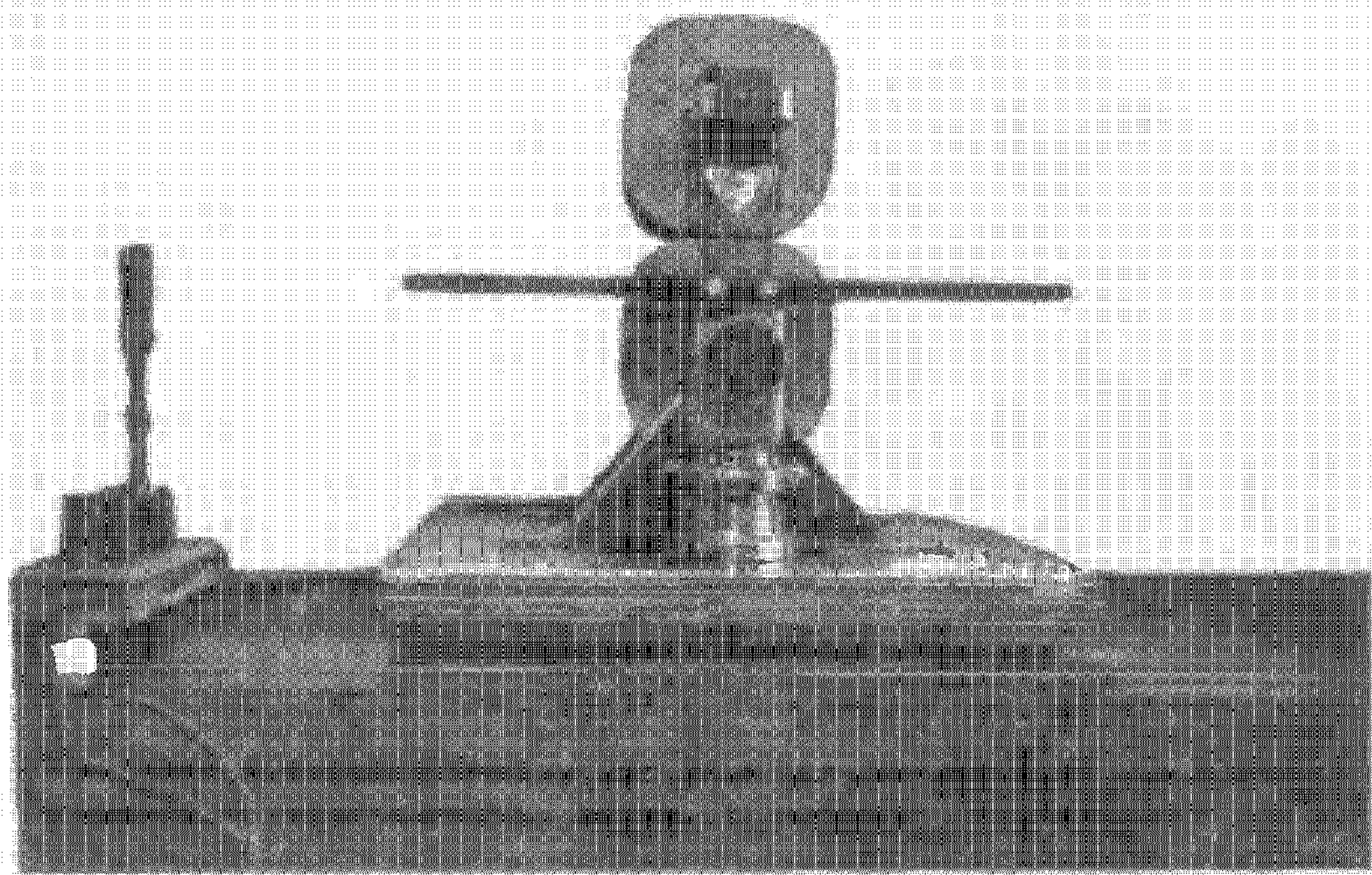


Рис. 3. Электромагнит системы Окунева

В современных лабораторных электромагнитах можно изменять напряжение магнитного поля, что позволяет последовательно выделить несколько фракций минералов различной магнитности. Таков, например, электромагнит системы Окунева (рис. 3). Изменение напряжения магнитного поля этого электромагнита производится путем сближения полюсов или же изменением силы тока, питающего электромагнит.

Разделение проводится следующим образом: на столе под полюсами электромагнита расстилают большой лист бумаги; разделяемый шлик рассыпают тонким слоем на стекле или на листе толстой бумаги, который подносят к полюсам и, включив электромагнит, аккуратно передвигают под полюсами до тех пор, пока минералы не перестанут притягиваться. Тогда отводят стекло со шлихом в сторону и выключают электромагнит. Электромагнитные минералы падают на бумагу. Разделение повторяют до тех пор, пока к полюсам не перестанут притягиваться зерна шлиха.

Если шлик содержит большое количество электромагнитных минералов, то при сепарации они могут увлекать с собою часть неэлектромагнитной фракции. Поэтому повторяют обработку электромагнитной фракции электромагнитом и оставшиеся неэлектромагнитные минералы присоединяют к основной массе неэлектромагнитной фракции. Чтобы избежать засорения одного шлиха другим при сепарации, полюсы электромагнита тщательно очищают кисточкой после каждого отделения.

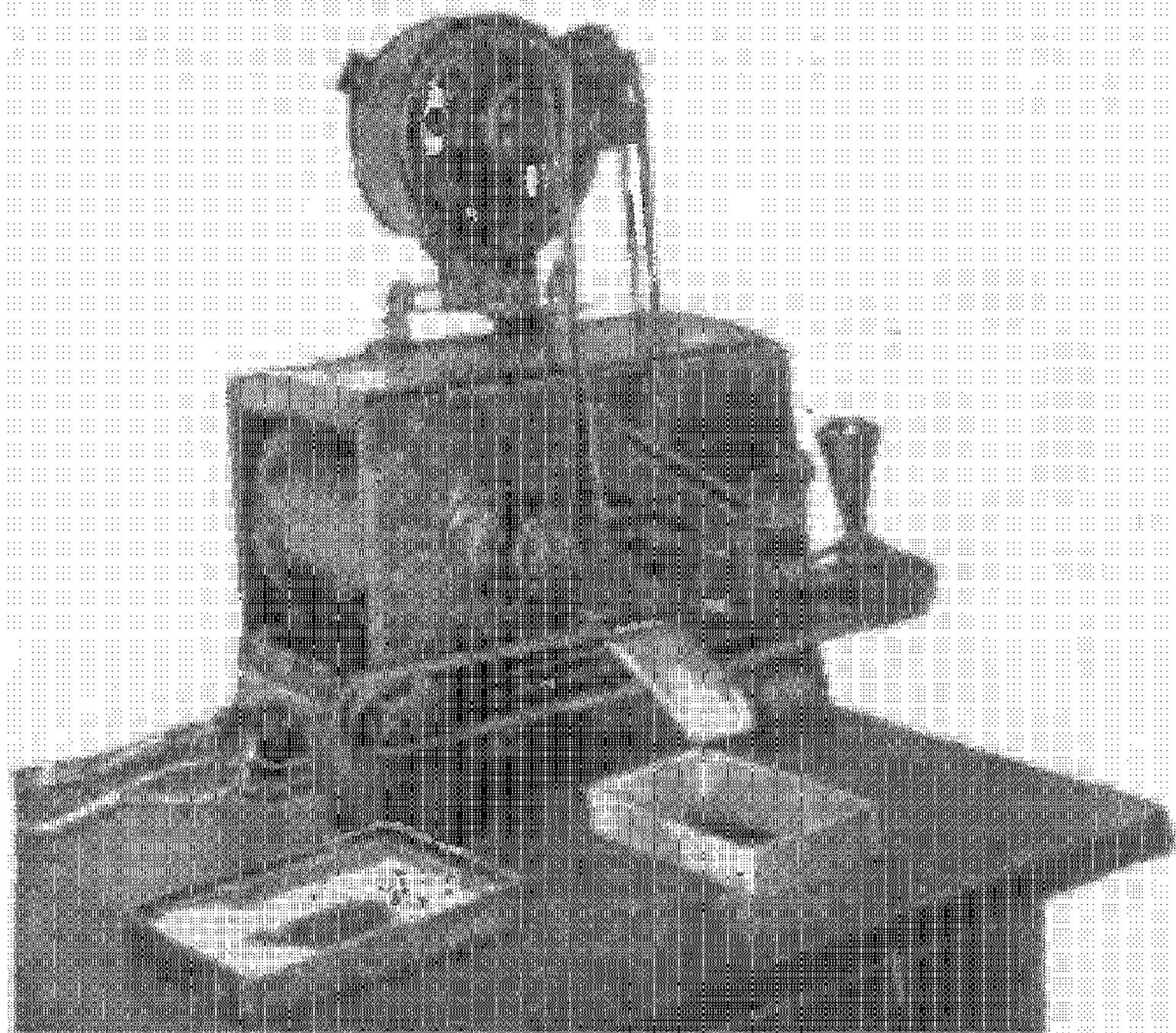


Рис. 4. Электромагнит системы Механобра

Электромагнит системы Механобра (рис. 4) снабжен двумя движущимися лентами, позволяющими вести непрерывную сепарацию большого количества шлиха.

В последнее время изготовляют постоянные магниты из специальных сильно магнитных сплавов, позволяющих отделять ильменит, гранат и другие минералы, обладающие незначительной магнитностью (см. работу А. Я. Сочнева, 1948).

Все минералы по их магнитным свойствам можно

разделить на четыре группы: 1) сильно магнитные, притягиваемые обычным постоянным магнитом; 2) средней магнитности, отделяющиеся электромагнитом при небольшой силе тока; 3) слабо магнитные, отделяющиеся электромагнитом при большой силе тока, и 4) немагнитные (табл. 5).

Крупность зерен шлиха имеет большое значение при магнитном разделении. Слабо магнитные минералы в крупных осколках не притягиваются магнитом незначительного напряжения, в то время как мелкие зерна притягиваются легко. Однако при разделении очень мелких шлихов, благодаря силам сцепления, немагнитные минералы увлекаются вместе с магнитными и полного разделения практически добиться невозможно. При величине зерен меньше 0,2 мм сепарацию приходится проводить в несколько приемов, так как при первом разделении вместе с магнитными минералами увлекается много немагнитных.

При разделении смеси минералов размером меньше 0,2 мм чистота разделения может быть повышена, если сепарацию проводить в воде, так как в жидкости сила сцепления минералов уменьшается и полнота отделения увеличивается. Для этого шлик погружают в таз с водой и отделение минералов постоянным магнитом проводят под водой.

Магнитные свойства минералов

Сильно магнитные	Средне магнитные	Слабо магнитные	Немагнитные		
Железо Магнетит Титано-магнетит Пирротин Платина магнитная	Амфиболы (темноокрашенные) Биотит Бломстрандин—приорит Вольфрамит Гематит Гранаты (темноокрашенные) Ильменит Колумбит-танталит Лимонит Пикотит Пироксены (темноокрашенные) Пиролозит Псиломелан Самарскит Турмалин (темноокрашенный) Ферберит Фергюсонит Хромит Эпидот Эшинит	Амфиболы (светлоокрашенные) Браниерит Гадолинит Гранаты (светлоокрашенные) Ксенотим Монацит Ортит Пироксены (светлоокрашенные) Пирохлор Сфен Турмалин (бледноокрашенный) Шпинели (светлоокрашенные)	Азурит Аксинит Алмаз Анастаз Андалузит Антимонит Апатит Арсенопирит Аурипигмент Ахроит Бадделеит Барит Бенитоит Берилл Бисмутит Браунит Брукит Ванадинит Везувиан Висмутин Вульфенит Галенит Гессит Гюбнерит Золото	Иридоосмин Касситерит Кианит Киноварь Клиноцоизит Кобальтин Корунд Малахит Медь Молибденит Олово Палладий Перовскит Пирит Пироксен (бесцветный) Платина Распит Реальгар Рутил Свиинец Серебро Сидерит Силлиманит Смитсонит	Сподумен Ставролит Сфалерит Топаз Торианит Торит Тремолит Фенакит Флюорит Халькозин Халькопирит Хризоберилл Церуссит Циркон Цоизит Шеелит Шпинель Эвклаз

Кроме размеров минеральных зерен, на полноту магнитной сепарации оказывают влияние также их форма и форма полюсов электромагнита.

Полученные магнитные и электромагнитные фракции взвешивают и вес их записывают по схеме, данной в табл. 1, а неэлектромагнитную фракцию разделяют по удельному весу с помощью тяжелых жидкостей.

РАЗДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ

Различие удельных весов минералов часто используют при разделении этих минералов. Разделение по удельному весу обычно производят в тяжелых жидкостях, значительно реже

пользуются тяжелыми сплавами. При отсутствии тяжелых жидкостей и сплавов можно пользоваться отмыванием легких минералов водой.

При погружении в тяжелую жидкость смеси минералов различного удельного веса минералы, удельный вес которых меньше удельного веса жидкости, всплывут на поверхность и образуют легкую фракцию, зерна же минералов, имеющих удельный вес бóльший, чем у жидкости, опустятся на дно и составят тяжелую фракцию. Минералы, близкие по удельному весу к жидкости, будут находиться во взвешенном состоянии.

Быстрота и точность разделения зависят от вязкости употребляемой жидкости, от крупности и формы зерен разделяемой смеси минералов и от разностей удельных весов минералов и жидкости. Мелкие зерна минералов даже при легкоподвижных жидкостях разделяются с большим трудом и для полноты отделения требуется продолжительное отстаивание или применение центрифугирования.

Жидкость, употребляемая для разделения минералов по удельному весу, должна: 1) обладать достаточно большим удельным весом; 2) быть прозрачной и по возможности бесцветной; 3) не вступать в химические реакции с разделяемыми минералами и не разлагаться при работе; 4) легко концентрироваться и разбавляться каким-либо растворителем; 5) быть дешевой и легко приготавливаемой.

Обычно употребляют следующие жидкости, в большей или меньшей степени удовлетворяющие перечисленным требованиям.

Б р о м о ф о р м (CHBr_3) — легкоподвижная бесцветная жидкость. Удельный вес чистого бромформа равняется 2,9; у технического реактива удельный вес изменяется от 2,65 до 2,8. Растворяется в спирте, эфире и бензоле. При работе с бромформом для промывания выделенных фракций удобнее всего пользоваться метиловым или этиловым спиртом (денатуратом), так как из спиртового раствора бромформа легко выделить. Для этого смесь спирта с бромформом взбалтывают с 5—6 объемами воды и полученную молочно-белую эмульсию оставляют в покое на несколько часов. Спирт смешивается с водой, а тяжелый бромформ опускается на дно и может быть отделен с помощью делительной воронки.

Бромформ ядовит, и все работы с ним проводят в вытяжном шкафу или в хорошо проветриваемом помещении.

Ж и д к о с т ь Т у л е (водный раствор двойной соли $\text{HgJ}_2 \cdot 2\text{KJ}$) — бледножелтая жидкость с удельным весом 3,19—3,20.

Для приготовления жидкости Туле смешивают в большой фарфоровой чашке 620 г красной двуиодистой ртути (HgJ_2) с 500 г иодистого калия (KJ) и 180 мл воды. Смесь нагревают на водяной бане, температура которой не превышает 80—90°, до полного растворения двуиодистой ртути. После этого бросают в жидкость кристалл флюорита и продолжают нагревание до

тех пор, пока кристалл не всплывет на поверхность. Жидкость снимают с бани и оставляют в покое до полного охлаждения. Выделившиеся при охлаждении кристаллы отфильтровывают, и жидкость готова к употреблению. Отфильтрованные кристаллы растворяют в небольшом количестве воды, выпаривают полученный раствор до нужной концентрации и также употребляют для разделения. Жидкость Туле легко растворяется в воде и дает растворы с удельным весом от 3,2 до 1. Водные растворы концентрируются путем упаривания на водяной бане. После разделения минералов выделенные фракции промываются 2%-ным раствором КJ.

Жидкость Туле ядовита. Она разрушается в присутствии металлов и сульфидов и поэтому для разделения шлихов, содержащих золото, платину и сернистые минералы (пирит, галенит и др.), или вовсе не употребляется, или же употребляется с большой осторожностью: допускается быстрое разделение в разбавленной жидкости с удельным весом не более 2,8—2,9.

Иодистый метилен (CH_2I_2) — желтая легкоподвижная жидкость удельного веса 3,33. Растворяется в бензоле, эфире, ксилоле и толуоле. Сильно ядовит; разлагается при действии солнечного света.

Жидкость Сушина — Рорбаха (водный раствор двойной соли двуиодистой ртути HgI_2 и двуиодистого бария BaI_2) — желтая жидкость с удельным весом 3,5, растворяется в воде и слабых водных растворах иодистого калия. Для получения жидкости меньшего удельного веса на поверхность концентрированного раствора наливают воды и оставляют в покое до тех пор, пока не закончится диффузия. При неаккуратном разбавлении жидкость быстро разлагается с выделением красной двуиодистой ртути.

Жидкость Клейна (концентрированный водный раствор боровольфрамата кадмия $9\text{WO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Cd}(\text{OH})_2 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) — желтая, разлагающаяся на свету жидкость с удельным весом 3,36. Легко разбавляется водой.

Жидкость Клеричи (водный раствор смеси малоновокислого и муравьинокислого таллия $\text{CH}_2(\text{COO})_2\text{Tl}_2 + \text{HCOOTl}$) — бледножелтая жидкость. При комнатной температуре концентрированный раствор жидкости имеет удельный вес 4,27, который при нагревании увеличивается до 5,0. При комнатной температуре жидкость постоянна и химически инертна.

Жидкость Клеричи имеет ряд преимуществ перед другими тяжелыми жидкостями: она имеет большой удельный вес, химически достаточно инертна, легко смешивается с водой в любых соотношениях и может быть сконцентрирована простым упариванием на водяной бане. Однако соединения таллия стоят дорого, что затрудняет широкое использование этой жидкости при минералогических анализах.

Наиболее часто при шлиховом анализе пользуются бромформом или жидкостью Туле.

Разделение минералов по удельному весу с помощью тяжелых жидкостей можно проводить в стаканах, чашках или в специальных воронках. При работе с последними расходуется меньше тяжелой жидкости. Различными исследователями предложено большое число делительных воронок разных конструкций, описание которых дано в работе Э. М. Бонштедт (1939).

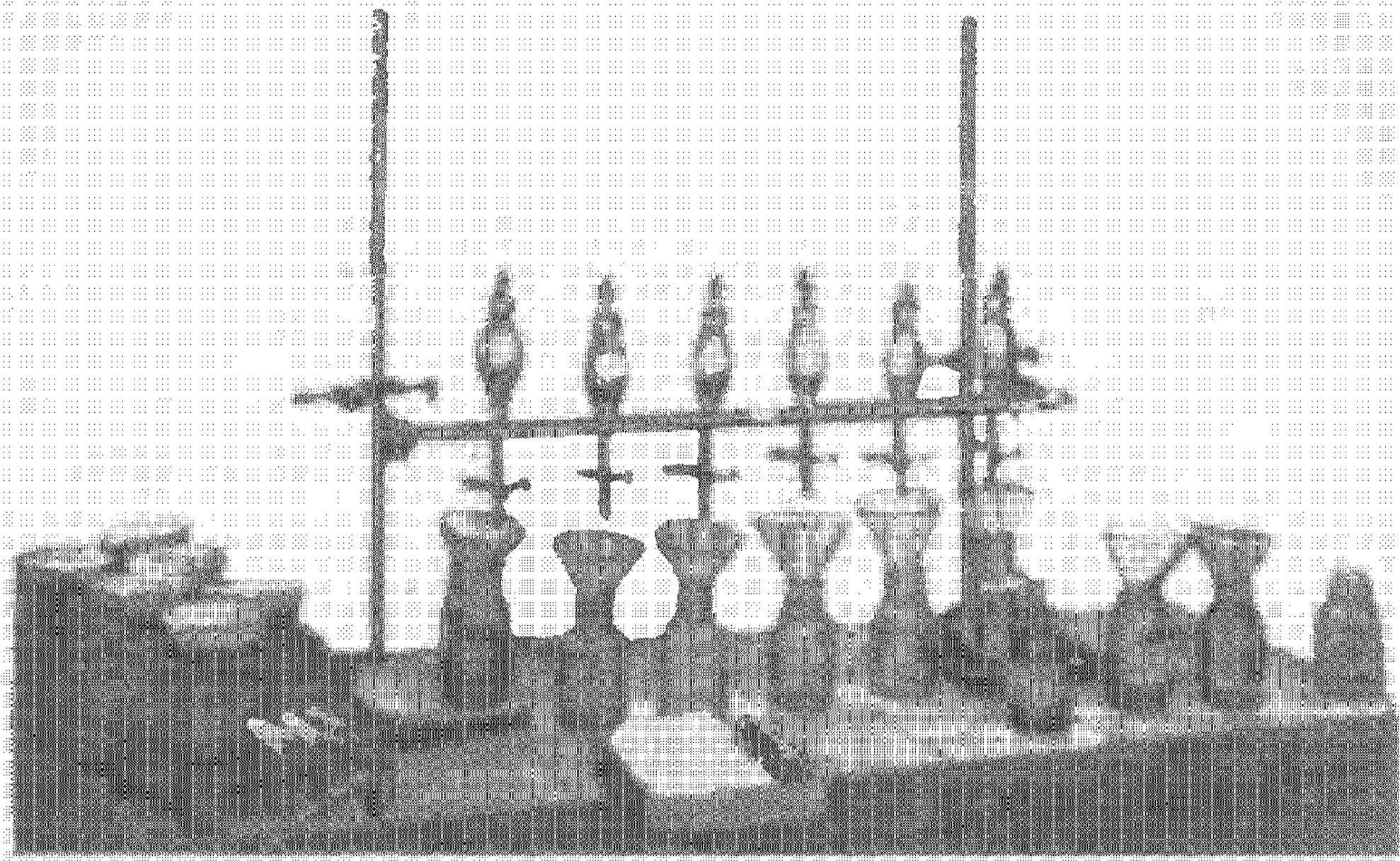


Рис. 5. Аппаратура для разделения минералов в тяжелых жидкостях

Разделение шлихов тяжелыми жидкостями в шлиховой лаборатории ВИМС проводится в воронках, изображенных на рис. 5. Воронка имеет притертую пробку и на конец ее надевают каучуковую трубку с зажимом. Многолетний опыт работы показал, что стеклянные притертые краны воронок при массовом разделении шлихов легко портятся и значительно удобнее работать с каучуковой трубкой и зажимами.

Одновременно проводится 5—8 разделений. В делительную воронку наливают 10—15 мл бромформа, всыпают шлих и, тщательно перемешав, оставляют в покое до тех пор, пока не закончится разделение, т. е. все легкие минералы всплывут вверх, а тяжелые опустятся на дно. Когда разделение закончится, открывают притертую пробку и, осторожно открыв зажим, отдельно сливают тяжелую и легкую фракции в воронки с фильтрами. После того как бромформ совершенно стечет, воронки переносят в другие склянки (чтобы не смешивать бромформ со спиртом) и минералы на фильтрах промывают 2—3 раза спиртом. Часть легкой фракции, оставшуюся в делительной воронке, смывают спиртом и присоединяют к легкой фракции на фильтре. Промытые фракции вместе с фильтром помещают в фарфоровые чашки, высушивают и взвешивают.

При работе с бромформом необходимо помнить, что он сильно испаряется; склянки и делительные воронки с бромформом нужно закрывать пробками.

Если легкая фракция не представляет интереса для изучения (когда определение берилла не производят), то в целях экономии бромформа ее собирают на один фильтр из нескольких образцов.

При отсутствии воронок разделение шлихов можно проводить в обычных фарфоровых чашках. Разделяемый шлик всыпают в чашку, наливают тяжелую жидкость и перемешивают. Через несколько минут основную массу легкой фракции сливают в воронку с фильтром, в чашку наливают новую порцию тяжелой жидкости и повторяют сливание до полного отделения легкой фракции. После этого выделившиеся фракции промывают и высушивают.

При работе с тяжелыми жидкостями следят за тем, чтобы употребляемая посуда была тщательно высушена, иначе даже незначительные количества влаги будут смешиваться с жидкостью и уменьшать ее удельный вес. Отфильтрованную жидкость вновь употребляют для разделения шлихов. Смесь бромформа со спиртом разделяют, как указано выше. Водные растворы жидкости Туле концентрируют упариванием на водяной бане.

Тяжелая фракция после разделения бромформом или жидкостью Туле может содержать много различных минералов, для разделения которых иногда пользуются тяжелыми сплавами. В качестве тяжелых сплавов употребляют соли, имеющие большой удельный вес и невысокую температуру плавления. К таким солям относятся:

Азотнокислое серебро (AgNO_3). Температура плавления 198° , уд. вес 4,1. Легко растворяется в воде. Из водных растворов выделяется при выпаривании на водяной бане. Чтобы AgNO_3 не разлагалось в процессе выпаривания, к раствору прибавляют несколько капель HNO_3 . После выпаривания соль высушивают в сушильном шкафу при температуре $105\text{--}110^\circ$.

Азотнокислая закись ртути (HgNO_3). Температура плавления около 70° , уд. вес 4,1. При перегревании соль легко разлагается с выделением белого нерастворимого осадка, который затрудняет определение минералов тяжелой фракции.

Хлористый свинец (PbCl_2). Температура плавления 498° , уд. вес 5,0. Недостатками этой соли являются высокая температура плавления и плохая растворимость в воде.

Все перечисленные сплавы разлагаются в присутствии сульфидов и не могут применяться для разделения шлихов, содержащих пирит, галенит и другие сернистые минералы. Наиболее отвечающим требованиям шлихового анализа сплавом является азотнокислое серебро.

Для разделения минералов шлик смешивают с тройным по объему количеством кристаллического азотнокислого серебра,

помещают смесь в пробирку и нагревают на горелке до плавления. В жидком расплаве минералы, имеющие удельный вес ниже 4,1, всплывают на поверхность, а минералы с удельным весом больше 4,1 опускаются на дно. Расплав охлаждают и аккуратно разбивают пробирку. Полученный цилиндр расплава раскалывают на две части и каждую из них растворяют в воде, подкисленной HNO_3 . При этом тяжелая фракция будет находиться в нижней части цилиндрика, а легкая — в верхней.

Полученные фракции промывают несколько раз водой, высушивают и взвешивают. Раствор AgNO_3 выпаривают на водяной бане, прибавив к нему предварительно несколько капель HNO_3 . Выделившуюся соль высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110° и снова употребляют.

Разделение минералов по удельному весу может быть выполнено также с помощью тяжелых суспензий (П. Ф. Евсиович, 1949; С. И. Митрофанов, 1945; С. И. Митрофанов и Е. Е. Розин, 1949; В. А. Петров, 1945). В этом случае в качестве тяжелой жидкости употребляют водную суспензию свинцового блеска, барита или ферросилиция, приготовляемую продолжительным измельчением этих соединений, смоченных водой, в шаровой мельнице до тех пор, пока все частицы не пройдут через сито в 100 меш. Сухое измельчение не дает удовлетворительной суспензии.

Удельный вес тяжелых суспензий достигает 3,5. Разделение производится в воронках специальной конструкции при постоянном помешивании. Полное разделение происходит только при крупных размерах минеральных зерен.

Тяжелые суспензии до настоящего времени не пользуются широким применением при шлиховом анализе главным образом из-за мелкозернистости большинства шлихов. При разделении шлихов с помощью тяжелых суспензий выделенные фракции загрязняются суспендированным минералом, затрудняя определение их минералогического состава.

Кроме описанных методов разделения, обычно применяемых при общем ходе анализа шлихов, в некоторых случаях пользуются разделением, основанным на различии электропроводности и диэлектрической постоянной минералов.

Электростатическое разделение. Этот метод, основанный на различии электропроводности минералов, часто дает вполне удовлетворительные результаты разделения (В. Г. Деркач, 1949).

Если к смеси минералов, помещенной на поверхности хорошего проводника, например на медной пластинке, поднести эбонитовую палочку, заряженную отрицательным электричеством путем натирания сухой кожей или сукном, то минералы, обладающие хорошей электропроводностью, притягиваются к палочке,

а плохие проводники остаются неподвижными. Перед разделением смесь минералов на медной пластинке слегка нагревают для просушивания, так как поверхностная влажность увеличивает электропроводность плохих проводников.

При большом количестве хороших проводников для ускорения процесса разделения эбонитовую палочку заменяют эбонитовой пластинкой. В этом случае прибор для электростатического разделения (рис. 6) состоит из двух пластинок размером 9×12 см;

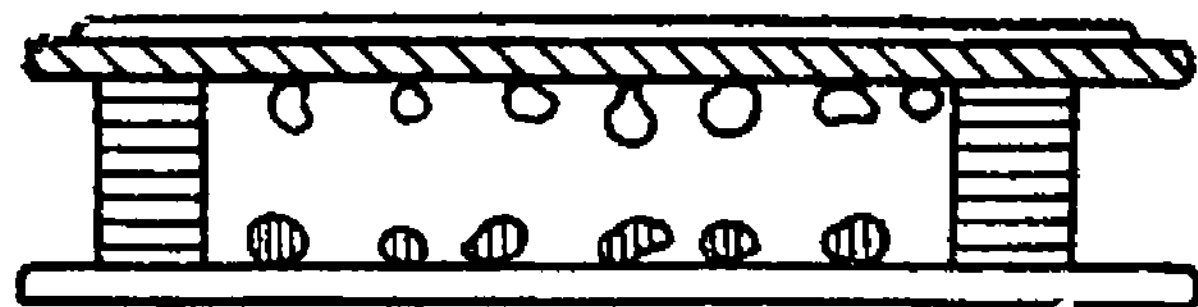


Рис. 6. Прибор для электростатического разделения минералов

одна пластинка медная, другая эбонитовая. Для равномерного распределения заряда по эбонитовой пластинке на поверхность ее наклеивают шеллаком медную сетку, края которой не доходят до краев пластинки на 4—5 мм. По углам медной пластинки наклеивают шеллаком четыре эбонитовых квадрата размером 15×15 мм и толщиной 4—5 мм.

Для разделения минералы помещают на медную пластинку, слегка нагревают для удаления влаги и покрывают эбонитовой пластинкой так, чтобы медная сетка была сверху; сетку соединяют с кондуктором электрофорной машины и, осторожно вращая круги машины, заряжают эбонитовую пластинку до определенного потенциала. Хорошие проводники притягиваются к эбонитовой пластинке и могут быть удалены вместе с нею. Для этого разъединяют прибор с электрофорной машиной, осторожно

Таблица 6

Относительная электропроводность минералов
(по Круксу)

Хорошие проводники	Средние проводники	Плохие проводники
Магнетит Титаномагнетит Ильменит Рутил (содержащий железо) Гематит Пирит Пирротин Вольфрамит Хромит и хромовые шпинели Касситерит (содержащий железо) Колумбит-танталит Золото	Все другие титановые минералы Амфиболы и пироксены, богатые железом Турмалин Биотит Касситерит	Карбонаты Кварц Циркон Все другие силикаты и алюмосиликаты Корунд Шпинель Монацит Ксенотим Апатит

Возможный минералогический

Легкая фракция (уд. вес <2,9)	Магнитная фракция	Электромагнитная фракция			
		минералы средней магнитности		минералы слабой магнитности	
		прозрачные	непрозрачные	прозрачные	непрозрачные
Берилл Кальцит Кварц Корднерит Опал Полевые шпаты Слюды (мусковит, биотит) Хлориты Янтарь	Железо Магнетит Титаномагнетит Пирротин Платина (магнитная)	Изотропные Гранат Анизотропные Авгит Актинолит Антофиллит Бистит Гиперстен Роговая обманка Турмалин	Бломстрандин Вольфрамит Гематит Ильменит Колумбит Лимонит Пикотит Пиролозит Псиломелан Самарскит Ферберит Фергюсонит Хлопнит Хромит	Изотропные Пирохлор Шпинель Сфалерит (марматит) Анизотропные Аксинит Андалузит (виридин) Везувинит Диопсид Ксенотим Моацит Оливин Ортит Ставролит Сфен Эпидот	Ампангабент Браннерит Гадолинит Поликраз-эксенит Ториаинит Уранинит Фергюсонит Эшинит

состав фракций шлихового анализа

Неэлектромагнитная тяжелая фракция (уд. вес >2,9)					
непрозрачные	прозрачные				
	изотропные	анизотропные			
		бесцветные и белые	зеленые и синие	желтые и бурые	красные и фиолетовые
Ампангабейт Антимонит Арсенопирит Бисмутит Браунит Висмут Висмутин Галенит Гессит Гюбнерит Золото Карбонадо Киноварь Кобальтин Лаурит Лейкоксен Медь Молибденит Олово Осмистый иридий Палладий Палладий-антимонид Петцит Пирит Платина Свинец Серебро Сперрилит Торианит Уранинит Халькозин Халькопирит Цинк	Алмаз Гранат Малакон Ортит Сфалерит Флюорит Шпинель Джамант Льюисит Перовскит Пирохлор Ромеит Эшвегент	Апатит Гамлинит Горсейксит Сидерит Смитсонит Турмалин Фенакит	$N < 1,7$, одноосные Апатит Смитсонит Турмалин	Сидерит Смитсонит Турмалин Фенакит Флоренсит	Апатит Турмалин Фенакит
		Аксинит Андалузит Барит Волластонит Диопсид Оливин Силлиманит Сподумен Топаз Тремолит Эвклаз Энстатит	$N < 1,7$, двуосные Аксинит Актинолит Андалузит Антофиллит Барит Волластонит Диопсид Малахит Оливин Роговая обманка Силлиманит Сподумен Топаз Эвклаз Энстатит Лазулит	Аксинит Андалузит Антофиллит Барит Волластонит Мусковит Оливин Роговая обманка Силлиманит Сподумен Топаз Эвклаз Энстатит	Аксинит Андалузит Барит Волластонит
		Беннтонит Касситерит Корунд Ксенотим Сидерит Смитсонит Циркон Шеелит	$N > 1,7$, одноосные Анатаз Беннтонит Везувин Вульфенит Касситерит Корунд Смитсонит Циркон Штольцит	Анатаз Бастнезит Ванадинит Везувин Вульфенит Касситерит Корунд Ксенотим Рутил Сидерит Смитсонит Торит Циркон Шеелит Штольцит	Анатаз Ванадинит Везувин Касситерит Киноварь Корунд Ксенотим Рутил Торит Циркон
		Бадделейт Диаспор Кианит Клиноцоизит Монацит Сфен Фоялит Церуссит Цонзит	$N > 1,7$, двуосные Авгит Азурит Гиперстен Кианит Клиноцоизит Малахит Монацит Хризоберилл Цонзит Эпидот	Авгит Аурипигмент Бадделейт Брукит Гиперстен Диаспор Клиноцоизит Монацит Ортит Распит Ставролит Сфен Торолит Трипугит Фаялит Церуссит Эпидот	Клиноцоизит Монацит Сфен Цоизит (тулит) Реальгар

снимают эбонитовую пластинку, не касаясь пальцами медной сетки, чтобы не разрядить ее, и выделившиеся на пластинке минералы стряхивают на бумагу. Разделение повторяют несколько раз до тех пор, пока не прекратится выделение минералов — хороших проводников. Существуют и другие приборы для электростатического разделения минералов.

Относительная электропроводность минералов приведена в табл. 6.

Все шлиховые минералы по степени электропроводности в этой таблице разделены на три группы: хорошие, средние и плохие проводники. Минералы, находящиеся в разных группах, легко могут быть отделены один от другого.

Электростатической сепарации обычно подвергают только неэлектромагнитную фракцию. Этот метод с успехом применяется, например, для отделения касситерита от циркона.

Электростатическое разделение минералов в последнее время широко используется при обогащении руд.

Диэлектрическая сепарация. Для разделения минералов с помощью этого метода смесь минералов погружают в жидкость, диэлектрическая постоянная которой выше постоянной одного из минералов, но ниже диэлектрической постоянной другого минерала. В эту же жидкость погружают специальные электроды, соединенные с источником переменного тока, напряжение которого в опытах различных исследователей изменялось от 200 до 800 в. При этом минералы, имеющие диэлектрическую постоянную, более высокую, чем у жидкости, притягиваются к электродам, а минералы с более низкой, чем у жидкости, диэлектрической постоянной — отталкиваются.

Методика диэлектрической сепарации не разработана еще достаточно детально, и поэтому этим методом редко пользуются при разделении шлиховых минералов.

Иногда при шлиховом анализе разделение минералов производят на гладкой вибрирующей поверхности (вибрационный метод). Для этого смесь минералов помещают на толстый лист гладкой бумаги, который держат левой рукой за один край, а правой рукой постукивают по бумаге карандашом. При этом минералы группируются на бумаге по удельным весам. Метод дает удовлетворительные результаты при разделении минералов, имеющих большую разницу удельных весов.

Иногда для разделения пользуются раздуванием минералов струей воздуха определенной силы. Метод раздувания так же, как и вибрационный метод, дает удовлетворительные результаты лишь при разделении минералов, имеющих большую разницу в удельном весе.

На этом заканчивается подготовка шлиха к анализу.

В результате указанной предварительной обработки шлих разделяется на несколько фракций, возможный минералогический состав которых приведен в табл. 7.

Изучение минералов по фракциям под биноклем. Каждую фракцию отдельно просматривают под биноклем и присутствующие в них минералы определяют по внешнему виду, удельному весу, по оптическим и химическим свойствам, пользуясь при этом таблицами, приведенными на стр. . . .

Большую помощь при определении минералов оказывает сравнение их с коллекцией заведомо известных минералов шлихов. Такие коллекции удобно хранить в мелких пробирках в специальном ящике. Можно также приготовить постоянную коллекцию, укрепив минералы в пихтовом бальзаме или на поверхности проявленной фотопленки.

Для определения минералов часто используют также методы катодной люминесценции, спектроскопического и рентгеноскопического изучения и определения радиоактивности минералов.

При определении непрозрачных минералов иногда пользуются исследованием их в отраженном свете. Для определения прозрачных минералов, содержащих церий и другие редкоземельные элементы, пользуются спектроскопическим окуляром, позволяющим наблюдать характерный спектр поглощения.

Если при изучении шлихов не производят полного минералогического анализа, а определяют лишь один-два минерала, то общая схема анализа сокращается в зависимости от свойств определяемых минералов. Так, при определении только касситерита или шеелита проводят взвешивание и изучение под биноклем лишь тяжелой фракции, в которой минерал должен полностью сконцентрироваться при разделении шлиха. При определении же вольфрамитов изучают только электромагнитную фракцию.

Для приблизительной количественной характеристики, позволяющей судить о соотношении минералов, составляющих шлих, в минералогической лаборатории ВИМС пользуются определенными обозначениями:

	ед. з. — единичные зерна минерала во фракции ($< 1\%$)
×	— мало минерала ($1-10\%$)
×	— среднее количество минерала ($10-50\%$)
×	— много минерала ($50-90\%$)
×	— основная масса фракции ($> 90\%$).

Для относительной количественной характеристики шлиха пользуются также приблизительным определением процентного содержания минералов во фракциях с точностью до $10-20\%$. Результаты анализа в этом случае обозначаются таким образом: $< 1\%$; до 10% ; до 20% ; до 30% ; до 40% и т. д.

При просмотре шлиха под биноклем, кроме качественного определения, проводят также приблизительный подсчет зерен минералов, присутствующих в различных фракциях. Результаты определения записывают по схеме, данной в табл. 1 (стр. 8).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА МИНЕРАЛОВ

Удельные веса многих минералов являются достаточно постоянными величинами и с успехом могут быть использованы при определении этих минералов. Существует много различных методов определения удельного веса, применяющихся при минералогических анализах. Наиболее часто в шлиховой лаборатории пользуются следующими из них: 1) погружением в тяжелые жидкости; 2) определением с помощью бюретки; 3) определением с помощью пикнометра; 4) определением с помощью микропикнометра.

1. Определение удельного веса минералов погружением их в тяжелые жидкости различной плотности. Этот простой и удобный метод позволяет быстро определить удельный вес минерала (хотя бы с относительно небольшой точностью) и широко применяется при шлиховом анализе. Для определения удельного веса в лаборатории необходимо иметь набор тяжелых жидкостей, приведенных в табл. 8.

Таблица 8

Набор тяжелых жидкостей

Тяжелая жидкость	Удельный вес
Бромформ CBr_3	2,8
Жидкость Туле $\text{HgJ}_2 \cdot 2\text{KJ}$	3,2
Иодистый метилен CH_2J_2	3,33
Жидкость Сушина—Рорбаха $\text{BaJ}_2 \cdot \text{HgJ}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	3,45
Жидкость Клеричи $\text{CH}_2(\text{COO})_2\text{TI}_2 + \text{HCOOTI}$	4,27

При наличии достаточного количества жидкости Клеричи, разбавляя ее водой, возможно приготовить набор растворов с определенным удельным весом, изменяющимся на 0,1. Такой набор дает возможность определять удельные веса минералов с точностью до 0,05. Приготовленные растворы сохраняют постоянным свой удельный вес, а значит, и пригодность к употреблению в продолжение года и более.

Количество воды, добавляемой к концентрированной жидкости Клеричи, определяют по формуле

$$V_2 = V_1 \frac{d_1 - D}{D - d_2},$$

где V_1 и d_1 — объем и удельный вес концентрированной жидкости;

V_2 и d_2 — объем и удельный вес воды;

D — удельный вес приготовленного раствора.

Исходные объемы жидкости Клеричи и воды для приготовления 10 мл раствора определенного удельного веса

Уд. вес тяжелого раствора	Объем жидкости Клеричи мл	Объем воды мл	Уд. вес тяжелого раствора	Объем жидкости Клеричи мл	Объем воды мл
4,27	10	—	3,4	7,34	2,66
4,1	9,48	0,52	3,3	7,04	2,96
4,0	9,18	0,82	3,2	6,73	3,27
3,9	8,87	1,13	3,1	6,42	3,58
3,8	8,56	1,44	3,0	6,12	3,88
3,7	8,26	1,74	2,9	5,81	4,19
3,6	7,95	2,05	2,8	5,51	4,49
3,5	7,65	2,35			

В табл. 9 приведены исходные количества воды и концентрированной жидкости Клеричи, необходимые для приготовления 10 мл раствора определенного удельного веса.

Таким же образом можно приготовить смеси жидкости Туле с водой, которые употребляются для определения удельного веса минералов ниже 3,2.

Удельные веса растворов, вычисленные по формуле, могут несколько отличаться от истинной плотности полученной жидкости, но отклонения эти весьма незначительны.

Растворы хранятся в небольших пробирках объемом 2—3 мл, с притертыми, хорошими корковыми или каучуковыми пробками (рис. 7). Для определения удельного веса минерала в мелких зернах вполне достаточно иметь 0,5—1 мл тяжелой жидкости, которыми можно пользоваться длительное время.

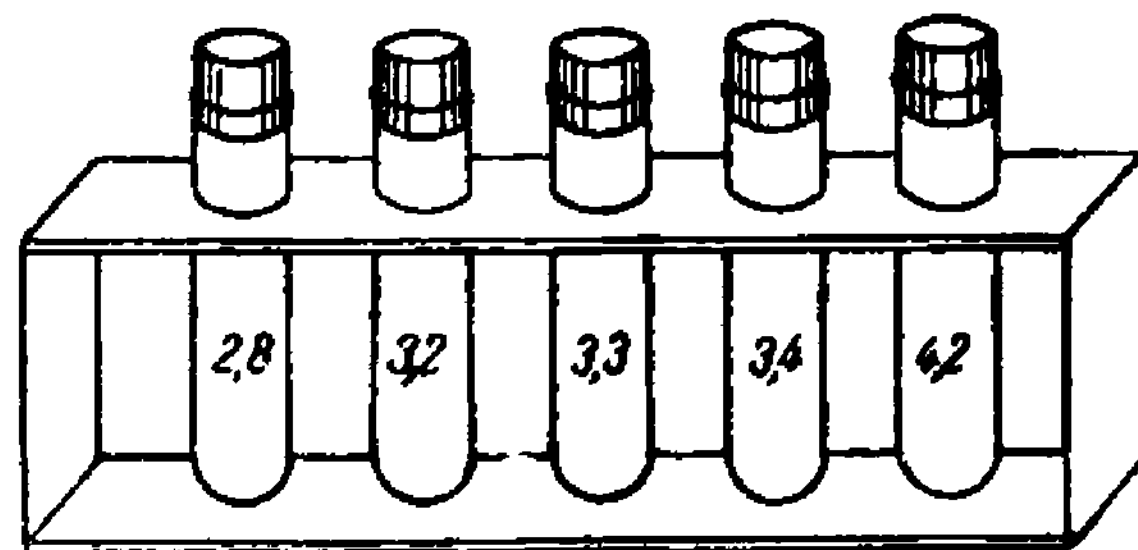


Рис. 7. Набор тяжелых жидкостей

Зерно минерала, отобранное из шлиха, погружают в жидкость и наблюдают, тонет оно или всплывает на поверхность. Если зерно тонет — удельный вес его больше удельного веса жидкости, если всплывает — меньше, если же находится во взвешенном состоянии — удельные веса минерала и жидкости равны или очень близки. Затонувший или всплывший минерал извлекают из жидкости с помощью препаровальной иглы или пинцета, обмывают водой или другим растворителем, сушат на фильтровальной бумаге и погружают в следующий раствор, стремясь подобрать жидкость, в которой минерал находится во взвешенном состоянии (удельный вес минерала равен удельному

весу этой жидкости), или два раствора, в одном из которых минерал тонет, а в другом всплывает (удельный вес минерала находится между удельными весами данных жидкостей).

Удельный вес минерала можно определить с помощью тяжелых жидкостей и другим способом. Для этого нужно иметь две жидкости — концентрированную и растворитель. Наливают тяжелую жидкость в узкий высокий стакан и погружают туда кусочек минерала, который всплывает на поверхность. Постепенно приливают легкую жидкость, тщательно перемешивая, до тех пор, пока минерал не будет находиться во взвешенном состоянии. Тогда удельный вес минерала равняется удельному весу жидкости, для определения которого существует много методов. Для быстрого определения удельного веса жидкости весьма удобно пользоваться набором индикаторов — кусочков минералов или стекол определенного удельного веса. Погружая их в жидкость, выбирают индикатор, находящийся во взвешенном состоянии и имеющий одинаковый с жидкостью удельный вес. Удельный вес можно также определить путем измерения показателя преломления жидкости на рефрактометре. Удельный вес изменяется пропорционально концентрации жидкости (Э. М. Бонштедт, 1939; В. А. Попов, 1946). Для более точного определения удельного веса жидкости пользуются весами Вестфала, взвешиванием определенного объема жидкости и другими методами.

Определение удельных весов минералов методом погружения в тяжелые жидкости значительно более удобно, нежели методом смешивания двух жидкостей. Последний способ требует больше времени и сильно увеличивает расход тяжелой жидкости.

Отсутствие жидкостей с удельным весом более 4,27 кладет предел применению этого метода.

Если необходимо произвести более точное определение удельного веса, пользуются другими, более сложными методами.

2. **Определение удельного веса минералов с помощью бюретки.** Этот метод основан на определении объема воды, вытесняемой минералом при погружении его в бюретку, мерный цилиндр или градуированный сосуд с водой.

Для определения удельного веса по этому методу требуется довольно значительное количество минерала: от 5 до 10 г, если употребляется небольшая бюретка — объемом 10—15 мл, и от 20 до 50 г при работе с бюреткой объемом 25—50 мл.

Для определения удельного веса в бюретку, укрепленную в штативе, наливают 5—7 мл воды, предварительно прокипяченной и охлажденной до комнатной температуры. Отмечают начальный объем воды в бюретке *a*. Взвешивают на аптекарских весах 5—10 г минерала, отобранного от шлиха, и всыпают в бюретку. Осторожным постукиванием по стенкам бюретки удаляют пузырьки воздуха, приставшие к зернам минерала, и отмечают новое показание бюретки *b*.

Объем минерала равняется $a - b$.

Удельный вес минерала определяют по формуле:

$$D = \frac{P}{V} = \frac{P}{a-b},$$

где D — удельный вес минерала;

P — вес минерала;

$V = a - b$ — объем минерала.

Определение удельного веса повторяют 2—3 раза и берут среднее из полученных результатов.

Для определения удельного веса с помощью бюретки отбирают минерал из крупной фракции; наличие мелких зерен минерала затрудняет удаление пузырьков воздуха из бюретки.

3. Определение удельного веса минералов с помощью пикнометра. Этот метод дает наиболее точные результаты.

Удельный вес минерала

$$D = \frac{P}{V},$$

где P — вес минерала;

V — объем его.

Вес минерала определяют взвешиванием на аналитических весах, а для определения объема пользуются пикнометром.

Пикнометр представляет собой маленькую стеклянную колбочку с притертой пробкой, сделанной из литого стекла, с капиллярным отверстием посредине. На некотором расстоянии от горла пикнометра на пробке имеется метка (рис. 8).

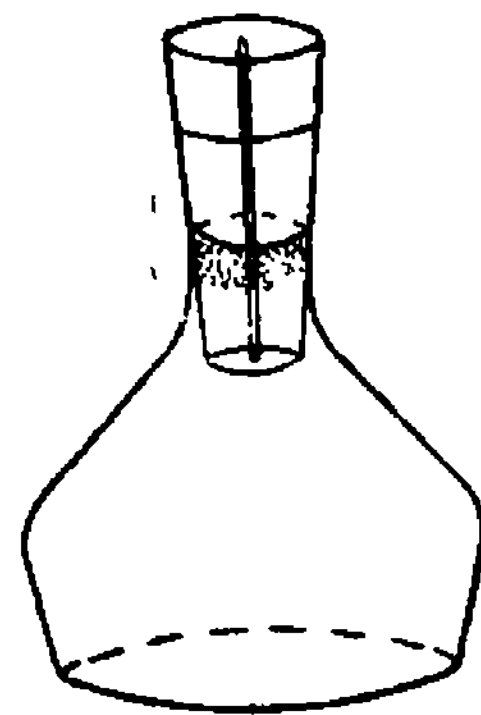


Рис. 8.
Пикнометр

Работа с пикнометром проводится следующим образом. Тщательно вымытый и высушенный пикнометр взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Вес его равен P_1 . Пикнометр наполняют водой, предварительно прокипяченной и охлажденной до комнатной температуры. При наполнении пикнометра водой следят, чтобы в нем не оставалось пузырьков воздуха; для этого наливают воды столько, чтобы капля ее выступала над горлышком пикнометра; затем быстрым движением закрывают пикнометр пробкой. Тогда пикнометр заполняется водой без пузырьков воздуха, а на поверхности пробки выступает капля воды. Пикнометр ставят на фильтровальную бумагу и быстро, но тщательно вытирают воду обрывками фильтровальной бумаги, стараясь не прикасаться к пикнометру пальцами. Затем скрученным жгутиком фильтра удаляют из капилляра воду до метки на горлышке пикнометра и взвешивают пикнометр.

При перенесении пикнометра на весы его берут осторожно двумя пальцами за горлышко. Продолжительное прикосновение пальцев нагревает воду в пикнометре и изменяет ее вес.

После взвешивания выливают из пикнометра воду, наполняют его новой порцией воды и повторяют взвешивание еще 2—3 раза до тех пор, пока не будет получено полное совпадение результата. Вес пикнометра с водой равен P_2 . После этого выливают воду, пикнометр высушивают, помещают туда отобранный минерал и взвешивают. Вес пикнометра с минералом равен P_3 .

Далее наливают в пикнометр известное количество воды (объем минерала и воды не должен превышать $\frac{2}{3}$ объема пикнометра) и присоединяют его к насосу, как указано на рис. 9. Для этого пробку пикнометра вынимают и с помощью небольшого отрезка каучуковой трубки соединяют горлышко пикнометра со стеклянной трубкой длиной 25—30 см. Другой конец последней трубки присоединяют к стеклянной трубке с расширением, которую соединяют через промывную склянку с водоструйным насосом, и откачивают

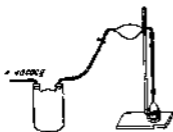


Рис. 9. Установка для определения удельного веса минералов

воздух из пикнометра. Внутри его создается разреженное пространство, понижающее температуру кипения воды. Для полного удаления пузырьков воздуха из воды ее необходимо прокипятить, для чего достаточно погрузить пикнометр в воду, нагретую до 60—70°. Когда отделение пузырьков воздуха закончится, закрывают зажим на каучуковой трубке и выключают насос. После этого разъединяют прибор с насосом и осторожно впускают воздух в пикнометр. Охлаждают пикнометр до комнатной температуры, наполняют водой и взвешивают, соблюдая предосторожности, указанные при взвешивании пикнометра с водой. Вес пикнометра с минералом и водой равен P_4 .

Таким образом, весь процесс определения удельного веса сводится к четырем взвешиваниям:

- P_1 — вес пустого пикнометра; P_2 — вес пикнометра с водой;
- P_3 — вес пикнометра с минералом; P_4 — вес пикнометра с минералом и водой.

Пользуясь результатами этих взвешиваний, вычисляют:

- 1) вес образца $P = P_3 - P_1$;
- 2) вес воды полного пикнометра, равный $P_2 - P_1$;
- 3) вес воды, помещающейся над минералом, равный $P_4 - P_3$;
- 4) вес воды, вытесненной минералом, равный $(P_2 - P_1) - (P_4 - P_3)$;
- 5) объем минерала $V = \frac{(P_2 - P_1) - (P_4 - P_3)}{d_1}$,
где d_1 — плотность воды при температуре взвешивания;
- 6) удельный вес минерала $D = \frac{P}{V} = \frac{P}{(P_2 - P_1) - (P_4 - P_3)} \cdot d_1$.

Все взвешивания нужно проводить при одинаковой температуре. Изменения плотности воды в зависимости от температуры приведены в табл. 10.

Таблица 10

Плотность воды при различных температурах

t°	Плотность воды	t°	Плотность воды	t°	Плотность воды
0	0,999858	12	0,999525	24	0,997226
1	0,999927	13	0,999404	25	0,997074
2	0,999968	14	0,999271	26	0,996913
3	0,999992	15	0,999126	27	0,996742
4	1,000000	16	0,998970	28	0,996562
5	0,999992	17	0,998802	29	0,996373
6	0,999968	18	0,998623	30	0,996176
7	0,999929	19	0,998433	31	0,995969
8	0,999876	20	0,998232	32	0,995754
9	0,999809	21	0,998021	33	0,995531
10	0,999728	22	0,997799	34	0,995299
11	0,999632	23	0,997567	35	0,995059

4. Определение удельного веса минералов с помощью микропикнометра. Часто при изучении шлихов приходится иметь дело с малыми количествами минерала, недостаточными для определения удельного веса с помощью обычного пикнометра. В этом случае пользуются микропикнометром, который позволяет произвести определение удельного веса при наличии 0,1—0,3 г минерала. Микропикнометр, предложенный Ф. В. Сыромятниковым (1930), представляет собой маленькую колбочку объемом от 0,5 до 1 мл, к дну которой припаяны стеклянные иголки; закрывается микропикнометр призматическим кусочком покровного стекла (рис. 10). Для увеличения точности взвешивания микропикнометр наполняют не водой, а бромформом или какой-либо другой тяжелой жидкостью. Для определения удельного веса бромформа наливают его в мерную колбу объемом 50 или 100 мл и взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. Удельный вес бромформа определяют по формуле:



Рис. 10. Микропикнометр

$$d_{\text{снар}} = \frac{P}{V},$$

где P — вес бромформа;
 V — объем его.

Удельные веса минералов

Минерал	Уд. вес	Минерал	Уд. вес	Минерал	Уд. вес	Минерал	Уд. вес
Янтарь	1,05—1,09	Силлиманит	3,23—3,24	Цинкоит	4,08—4,10	Арсенозирит	5,9—6,2
Опал	1,9—2,3	Аксинит	3,25—3,30	Халькопирит	4,1—4,3	Кобальтин	6,1—6,3
Микроклин	2,54—2,57	Цоизит	3,25—3,27	Урохит	4,1—4,9	Висмутинит	6,4—6,5
Халцит	2,54—3,45	Эпидот	3,25—3,50	Рутил	4,18—4,25	Церусит	6,46—6,57
Ортоклаз	2,56—2,58	Домольтерит	3,25—3,36	Нирохалор	4,2—4,36	Ванадинит	6,66—7,10
Кордьерит	2,57—2,66	Оливин	3,27—3,37	Синтемонит	4,3—4,45	Вульфенит	6,7—7,0
Альбит	2,60—2,68	Гранат	3,30—4,30	Барит	4,3—4,6	Гюбкерит	6,7—7,3
Халцедон	2,60—2,64	Клиноцоизит	3,35—3,38	Ксенофонт	4,45—4,59	Вольфрамит	6,7—7,5
Берилл	2,63—2,91	Везувинит	3,35—3,45	Ильменит	4,5—5,0	Касситерит	6,8—7,1
Кварц	2,65—2,66	Гиперезит	3,4—3,5	Торит	4,5—5,0	Цинк	6,9—7,2
Биотит	2,7—3,1	Аурипигмент	3,4—3,5	Гранжерит	4,5—5,4	Гисмутит	7,0
Кальцит	2,71	Сфен	3,4—3,56	Антияминит	4,52—4,62	Озюла	7,2
Анортит	2,75—2,76	Топаз	3,4—3,6	Пирротин	4,58—4,65	Железо	7,3—7,8
Муековит	2,76—3,1	Риддитар	3,5—3,6	Циркон	4,68—4,70	Глениит	7,4—7,6
Волаэстонит	2,8—2,9	Хризоберилл	3,5—3,84	Молибденит	4,7—5,8	Ферриерит	7,49

З Знач. 100	Лепидолит	2,8—3,3	Шнифель	3,5—4,1	Бадмегнит	4,7—5,04	Клюварь	8,0—8,1
	Фенakit	2,79—3,00	Орлит	3,5—4,2	Подикрау- урксит	4,7—5,0	Торвалит	8,0—9,7
	Тримацит	3,0—3,3	Цейксонит	3,5—4,5	Пирролит	4,71—4,85	Нетшит	8,3—9,02
	Активолит	3,0—3,2	Красит	3,6—3,67	Брвунит	4,75—5,04	Гессит	8,31—8,45
	Розивак обн. к- ка	3,0—3,5	Динкелит	3,6—4,0	Гематит	4,9—5,3	Медь	8,8—8,9
	Турмалин	3,01—3,22	Брантит	3,65	Моноцит	4,9—5,3	Палладий-антн- монид	9,5
	Флюорит	3,03—3,25	Селаросит	3,65—3,77	Эцицит	4,93—5,17	Висмут	9,8
	Яклас	3,05—3,10	Азурит	3,77—3,89	Бастнезит	4,948	Серебро	10,1—11,1
	Лазуант	3,10	Анатаз	3,82—3,95	Лирит	4,95—5,10	Палладий	10,8—11,8
	Эпстатит	3,10—3,30	Скарнит	3,83—3,86	Магнетит	5,16—5,18	Свинец	11,4
	Сподомен	3,13—3,20	Брукит	3,84—4,06	Колумбит- танталит	5,3—6,0	Платина	11—19
	Андалузит	3,15—3,20	Малахит	3,9—4,03	Хавикозит	5,5—5,8	Золото	15,6—19,3
	Анатит	3,17—3,25	Сфалерит	3,9—4,1	Чаддерит	5,5—6,0	Осмистый иридий	19,36—19,47
	Бронзит	3,2—3,5	Кирунд	3,95—4,10	Самарскит	5,6—5,8	Иридий	19,3—21,12
Алмаз	3,2—3,5	Ангалтабит	3,97—4,29	Фергусонит	5,8			
Диопсид	3,2—3,38	Перовскит	4,0	Эшлегенит	5,87			
Алтан	3,2—3,6	Гадолинит	4,0—4,5	Шеллит	5,9—6,1			

Для определения удельного веса минерала производят те же четыре взвешивания, которые производились при работе с обычным пикнометром. Удельный вес минерала определяют по формуле

$$D = \frac{(P_3 - P_1)d_{\text{снмв}}}{(P_3 - P_2) - (P_4 - P_2)},$$

где P_1 — вес микропикнометра;

P_2 — вес микропикнометра с бромформом;

P_3 — вес микропикнометра с минералом;

P_4 — вес микропикнометра с минералом и бромформом;

$d_{\text{снмв}}$ — удельный вес бромформа.

Удельные веса минералов, встречающихся в щлихах, приведены в табл. 11 и иллюстрируются диаграммой (рис. 11). В таблице минералы расположены в порядке возрастания удельного веса.

На диаграмме по вертикальной оси нанесены величины удельных весов минералов в возрастающем порядке сверху вниз. Равные отрезки вертикальной оси соответствуют различному изменению удельного веса в разных частях диаграммы: в интервале от 1,9 до 5,0, куда попадает наибольшее число встречающихся в природе минералов, одно деление соответствует изменению удельного веса на 0,2; в интервале от 5,0 до 10,0 это деление равно 1,0, и в интервале от 10,0 до 25,0 оно соответствует 5. Такое расположение позволяет сократить ширину таблицы, сохраняя наибольшую точность обозначения.

Сверху располагается название минералов в порядке возрастания удельного веса. Затитые тушью столбики показывают, в каких пределах может изменяться удельный вес минерала. При определении возможного минералогического состава фракций различного удельного веса отмечают границы удельного веса этой фракции и по таблице определяют, какие минералы могут попадать в фракцию.

Удельный вес шлиха используется при количественном определении щлиховых минералов. В этом случае удельный вес определяется с помощью бюретки или другого градуированного сосуда. Для количественного определения касситерита, танталита или другого тяжелого минерала взвешивают 50 г шлиха и всыпают в бюретку, предварительно наполненную водой до определенного уровня (25—30 мл). Осторожным постукиванием по стенкам бюретки удаляют пузырьки воздуха и затем отмечают новый уровень воды в бюретке. Вес шлиха, деленный на разницу между двумя показаниями бюретки, дает удельный вес шлиха:

$$d = \frac{P}{a - b},$$

где d — удельный вес шлиха; P — вес шлиха;

a — первое показание бюретки; b — второе показание бюретки.

Удельный вес шихта увеличивается пропорционально содержанию в нем тяжелого минерала. При наличии в шихте преимущественно одного полезного ископаемого содержание его достаточно точно определяется по удельному весу шихта. Этот способ применяется при определении в шихтах касситерита, танталита, ниобита и других минералов. Для каждого из этих минералов должна быть составлена таблица или диаграмма, показывающая изменение удельного веса шихта в зависимости от содержания полезного ископаемого. Вычисленные удельного веса смеси минералов производят по формуле

$$d_r = \frac{P_1 + P_2}{\frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2}} = \frac{(P_1 + P_2)d_1 d_2}{P_1 d_2 + P_2 d_1},$$

где d_r — удельный вес смеси минералов;
 P_1 и d_1 — вес и удельный вес одного минерала;
 P_2 и d_2 — вес и удельный вес другого минерала.

Ниже приводится таблица и диаграмма удельных весов смеси кварца и касситерита (табл. 12, рис. 12).

Таблица 12

Удельный вес смеси кварца
с касситеритом

Касситерит %	Кварц %	Уд. вес
100	—	7,00
90	10	6,01
80	20	5,27
70	30	4,69
60	40	4,22
50	50	3,84
40	60	3,53
30	70	3,26
20	80	3,03
10	90	2,83
—	100	2,55

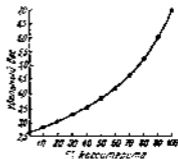


Рис. 12. Диаграмма удельного
веса смеси кварца и касситерита

Присутствие других тяжелых минералов уменьшает точность определения содержания полезного ископаемого по удельному весу шихта.

Часто увеличение удельного веса шихта происходит за счет железистых минералов (магнетит, ильменит), которые легко можно удалить магнитной сепарацией. В этом случае точность количественного определения касситерита или другого неэлектромагнитного минерала увеличивается предварительной обработкой шихта электромагнитом.

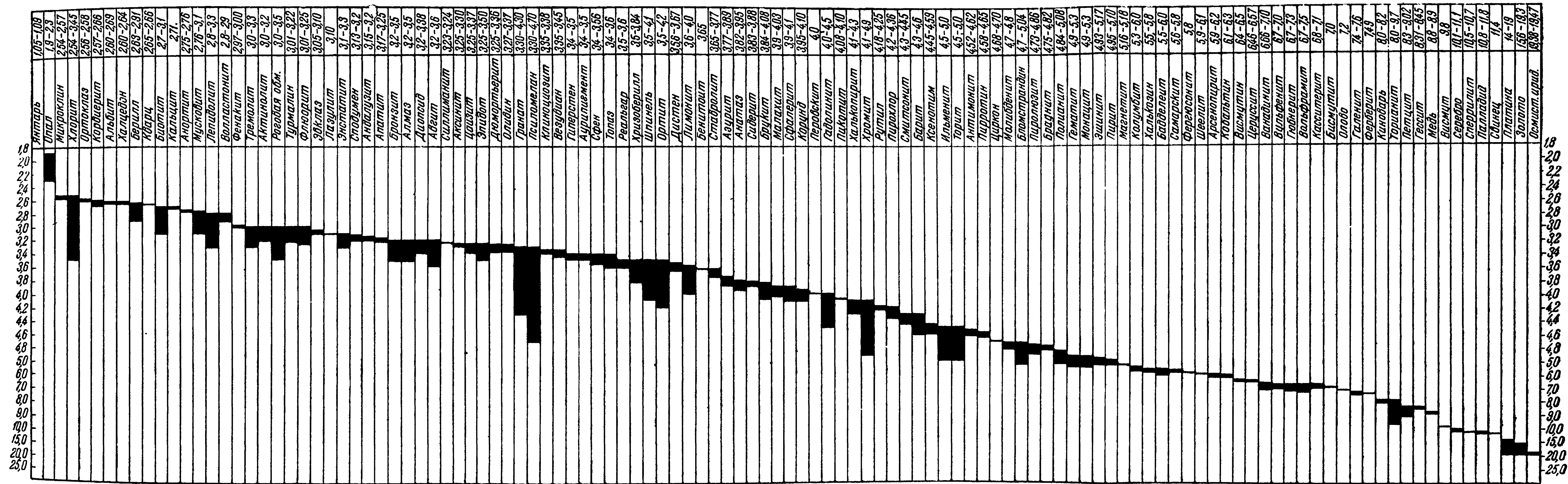


Рис. 11. Таблица удельных весов минералов

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Люминесцентный анализ основан на способности минералов светиться под действием ультрафиолетовых, рентгеновских и катодных лучей. Это свечение бывает различным по окраске и интенсивности. Опыты М. Г. Богословского и др. (1938) показали, что химически чистые соли обычно не обладают люминесценцией, но даже незначительные примеси посторонних соединений вызывают свечение. Люминесценция минералов также зависит от наличия примесей, среди которых можно выделить некоторые химические элементы, особенно часто вызывающие свечение. К таким элементам относятся редкоземельные металлы, уран и др. Некоторые минералы светятся вполне определенным цветом, большая же часть минералов люминесцирует различным цветом в зависимости от посторонних примесей, от расположения этих примесей в кристаллической решетке минерала и от ряда других физико-химических свойств люминесцирующего объекта. Люминесцентный анализ применяется при определении алмаза, шеелита, циркона и других минералов.

Специальная аппаратура, предложенная различными авторами (Г. Ф. Комовский и Ф. В. Аболенский, 1938; Г. Ф. Комовский и Е. Г. Разумная, 1938), позволяет проводить люминесцентным методом определение минералов в шлихах как в лаборатории, так и в полевых условиях. Часто этот метод используют для количественного определения шеелита, циркона и других минералов.

Источником ультрафиолетовых лучей обычно служат искровой разрядник или ртутная кварцевая лампа. Пользуясь особыми фильтрами, можно получить ультрафиолетовые лучи также из солнечного света. Для катодного и рентгеновского люминесцентных анализов применяют катодные и рентгеновские трубки различных конструкций.

Наиболее часто встречающиеся в шлихах люминесцирующие минералы, по данным М. Г. Богословского (1938), приведены в табл. 13, где во второй графе помещена дробь, числителем которой является количество люминесцирующих, а знаменателем — нелюминесцирующих образцов указанного минерала из числа проверенных.

Некоторые нелюминесцирующие минералы после несложной обработки приобретают способность светиться в катодных или ультрафиолетовых лучах. П. В. Савицкой (1938) предложен способ определения в шлихах вольфрамит и молибденита. Для этого смесь шлиха с двойным количеством хлористого кальция, к которому прибавлено незначительное количество NaCl или KCl (для понижения температуры плавления CaCl_2), помещают в фарфоровый тигель и нагревают на горелке Теклю до расплавления соли. Продолжают нагревание еще 5—10 мин., затем охлаждают и растворяют сплав в воде для удаления хлористых

Люминесцирующие минералы

Минерал	Количество образцов люмин. не люмин.	Люминесценция		
		Ультрафиолетовые лучи	Катодные лучи	Рентгеновские лучи
Алмаз	14/0	Зеленая Голубая Фиолетовая	Голубая Зеленая	Голубая
Апатит	14/0	Розовая Фиолетовая Красная	Желтая Бледнозеленая Рябиновая Сиреневая	Желтая Голубая Зеленая
Барит	14/1	Фиолетовая Розовая Желтая	Фиолетовая	Зеленая
Берилл	2/2	Фиолетовая	Голубая	Желтая
Кианит	8/0	—	Малиново-красная	—
Корунд	6/5	Малиново-красная	Красная Голубая	—
Кварц	13/10	—	Синяя Розовая Фиолетовая	—
Кальцит	33/0	Фиолетовая Красная Желтая	Красная	Красная
Молибденит	2/5	—	Зеленоватая	—
Полевые шпаты		Различные цвета	Различные цвета	—
Сфен	3/3	—	Голубоватая	—
Топаз	4/1	Зелено-голубая	Синяя Голубая	—
Турмалин	1/9	—	Красная	—
Флюорит	13/0	Фиолетовая	Фиолетовая Зеленая	Зеленая
Циркон	4/0	Желтая	Желтая	Зеленая Желтая
Шеелит	4/0	Голубая	Голубая	Голубая

солей. После этого шлик подсушивают и просматривают в катодных лучах. На поверхности зерен вольфрамита образуются тонкие корочки CaWO_4 , люминесцирующие ярким голубым светом, а на поверхности молибденита появляются ярко люминесцирующие желтоватые или зеленовато-желтые корочки CaMoO_4 . Окраска и интенсивность свечения образующихся корочек соответствуют окраске и интенсивности свечения шеелита и повеллита.

Методика люминесцентного определения вольфрамита и гюбнерита усовершенствована Г. Ф. Комовским и др. (1945).

ПЛЕНОЧНЫЕ РЕАКЦИИ

Для определения минералов в полевых условиях обычно широко используют простейшие химические реакции. Однако отбор мелких зерен минералов из шлиха для химических реакций часто представляет большие трудности. Поэтому значительно более удобно пользоваться пленочными реакциями, позволяющими проводить определение минерала без предварительного выделения его из шлиха. Применение пленочных реакций основано на образовании на поверхности минерала тонкой окрашенной пленки при обработке его определенными реактивами.

Наиболее известной и широко применяемой пленочной реакцией является образование налета металлического олова на к а с с и т е р и т е при обработке его соляной кислотой на цинковой пластинке. Описание этой реакции приведено на стр. 52.

Для определения ш е е л и т а шлик на предметном стекле смачивают соляной кислотой и прибавляют незначительное количество хлористого олова. Шеелит при такой обработке покрывается синей пленкой, отличающей его от других минералов.

Наиболее надежным методом определения т а н т а л и т а и к о л у м б и т а в шлихах является пленочная реакция, основанная на выделении голубовато-серой пленки на поверхности тантало-ниобатов при обработке их расплавленным пиросульфатом калия; при последующем кипячении с сернокислым раствором таннина голубовато-серая пленка превращается в оранжево-желтую.

Реакция на танталит—колумбит проводится следующим образом. Шлик всыпают в фарфоровый тигель и прибавляют такое количество кристаллического пиросульфата калия, чтобы после его расплавления все зерна шлиха свободно плавали в жидкости. Осторожно нагревают тигель на спиртовке до полного расплавления $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$. После этого продолжают нагревание еще несколько минут до тех пор, пока расплав не приобретет отчетливое желтое окрашивание вследствие частичного разложения исследуемых минералов. Сплав охлаждают и растворяют в горячей разбавленной H_2SO_4 . Кислоту сливают, несколько раз промывают шлик водой и осторожно высушивают. Танталит—колумбит покрывается голубовато-серой пленкой, отчетливо выделяющейся на черной поверхности этих минералов.

При такой же обработке расплавленным пиросульфатом калия ильменит приобретает сероватую побежалость, резко отличающуюся от пленки тантало-ниобатов; вольфрамит и гюбнерит покрываются тонкой сероватой пленкой, иногда трудно отличимой от пленки колумбита.

Для отличия пленок, образующихся на колумбите и вольфрамите, шлик, содержащий покрытые пленкой минералы, помещают в тигель и заливают горячим 1%-ным раствором таннина в 5%-ной H_2SO_4 . Нагревают раствор до кипения, сливают его, промывают шлик разбавленной H_2SO_4 и затем несколько раз горячей водой и осторожно высушивают. Голубовато-серая пленка тантало-ниобатов после обработки таннином превращается в оранжево-желтую или красноватую. Иногда эта пленка располагается на поверхности минерала неравномерным слоем, образуя местами более интенсивно окрашенные участки.

Вольфрамовое соединение таннина окрашено в буро-черный цвет. Поэтому при обработке вольфрамитом раствором таннина серая пленка превращается в буро-черную, совершенно незаметную на поверхности вольфрамитом. После обработки вольфрамит резко отличается от колумбита и других тантало-ниобатов.

В. А. Новиков (1945) предлагает пленочные реакции для определения минералов свинца, висмута, молибдена и ванадия.

Для минералов свинца автор пользуется реакцией образования желтой пленки иодида свинца при обработке минерала раствором иодистого калия. При обработке 5%-ным раствором КИ англезит покрывается пленкой без нагревания; церуссит, вольфенит, ванадинит, пироморфит и крокоит — только после предварительного нагревания их с серной кислотой (1:1). Сульфиды свинца (галенит, буланжерит) покрываются желто-зеленой пленкой при кипячении с насыщенным раствором иода в 5%-ном иодистом калии.

Все минералы свинца при обработке цинком и соляной кислотой покрываются серой пленкой металлического свинца, которая иногда может повести к ошибкам при определении касситерита методом восстановления до металлического олова. Свинцовая пленка при кипячении с раствором иода в иодистом калии окрашивается в желтый цвет.

Для определения вторичных минералов висмута (бисмутит) В. А. Новиков пользуется образованием черно-бурой пленки иодистого висмута при обработке минерала 5%-ным раствором иодистого калия в серной кислоте (1:10) при комнатной температуре. Черно-бурая пленка обесцвечивается при прибавлении аммиака.

Кислый раствор хирина или цинхонина реагирует с минералами висмута, образуя оранжевую пленку. Реактив для реакции готовится растворением 1 г хирина или цинхонина в 100 мл HNO_3 (1:150) при нагревании; после охлаждения к раствору прибавляют 2 г КИ.

К минералу, предварительно обработанному иодистым калием и затем обесцвеченному аммиаком, прибавляют раствор хинина. Через 3—5 мин. при комнатной температуре минерал покрывается оранжевой пленкой.

ПРОСТЕЙШИЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Для химического определения шлиховых минералов обычно пользуются капельными реакциями, позволяющими проводить анализ при наличии одного-двух зерен минерала диаметром 0,1—0,2 мм. Капельные реакции при аккуратном и точном их проведении и соблюдении предосторожностей, уничтожающих вредное влияние посторонних примесей, являются наиболее удобным методом химического анализа при малых количествах минерала.

Капельные реакции могут выполняться двумя различными способами. По первому способу капля испытуемого раствора смешивается с каплей реактива на белой фарфоровой пластинке или в маленькой фарфоровой чашке. По второму способу капли двух растворов смешиваются на куске фильтровальной бумаги.

Учитывая большую чувствительность капельных реакций, для проведения их необходимо употреблять возможно более чистые реактивы и посуду и перед определением всегда проводить проверку чистоты реактивов. Для капельных реакций на бумаге необходимо употреблять обеззоленные фильтры. Для проведения химического анализа минерал необходимо перевести в растворимое состояние. Если минерал растворяется в кислотах, то обычно пользуются растворами его в кислотах или царской водке (смесь трех объемов HCl и одного объема HNO₃). Для растворения несколько зерен минерала помещают на предметное стекло или в маленькую фарфоровую чашку, прибавляют 3—4 капли кислоты и осторожно подогревают на спиртовой горелке. Сульфиды обычно растворяют в HNO₃, так как в HCl они не растворяются.

Если минерал не растворяется в кислотах, его сплавляют с содой (Na₂CO₃), едкими щелочами (KOH или NaOH), пиросульфатом калия (K₂S₂O₇) или со смесью соды и селитры (5 ч. Na₂CO₃ и 1 ч. KNO₃). Перед сплавлением минерал растирают в маленькой агатовой ступке вместе с плавнем. Сплавление с содой или со смесью соды и селитры проводят в платиновой ложке или в спирали толстой платиновой проволоки. Для получения спирали платиновую проволоку обматывают 3—4 раза вокруг спички или острия карандаша. Сплавление с пиросульфатом калия можно проводить не только в платиновой, но также в фарфоровой или стеклянной посуде. Для сплавления с KOH или NaOH удобнее всего пользоваться стеклянными пробирками, так как платина сильно разрушается в процессе плавки со щелочами. Количество плавня должно превышать количество мине-

рала в 5—6 раз. Если минерала очень мало, то во избежание потерь его можно не растирать в ступке.

Процесс предварительной подготовки минерала для реакции имеет большое значение для точности определения, так как часто позволяет подобрать оптимальные условия и удалить элементы, мешающие определению. Особенно часто для этой цели применяют сплавление со смесью соды и селитры и выщелачивание сплава водой. После такой обработки в водный раствор переходят As, P, Mo, Cr, V, W, Mn. В нерастворимом остатке находятся Fe, Ni, Co, Ti, Bi, Cu, Pb, Ag, Au, Sn, Ta, Nb, частично Mn. Таким образом, уже в процессе предварительной подготовки к анализу разделяются элементы, мешающие определению при совместном присутствии в растворе.

Для фильтрования незначительных количеств жидкости обычно пользуются методом Геммеса. Для этого раствор помещают на часовое стекло или в фарфоровую чашку и рядом с ним кладут сложенную вчетверо и смоченную каплей воды полоску фильтровальной бумаги размером 4×20 мм. Бумагу прижимают к стеклу пипеткой и, наклонив стекло, приводят жидкость в соприкосновение с бумагой. С помощью резиновой груши или резиновой трубки, закрытой с одного конца стеклянной палочкой, предварительно удаляют воздух из пипетки. Раствор фильтруется через бумагу и собирается в капиллярной трубке пипетки.

Описание простейших химических реакций приведено ниже. Большая часть этих реакций описана в работах Н. С. Тананаева (1949), Ф. Файгля (1937), Ф. Тредвелла (1946), Е. В. Копченовой и В. Н. Карюкиной (1940).

БАРИЙ Ba

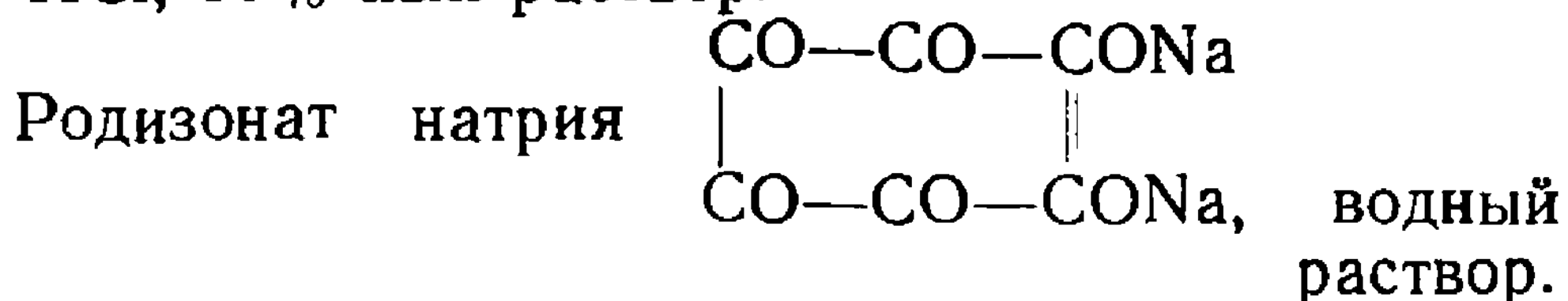
Минералы. Барит $BaSO_4$.

1. **Определение Ba с родизонатом натрия.** Это определение основано на образовании красно-бурого родизоната бария в нейтральных растворах бариевых солей. Подобную реакцию с родизонатом дают соли стронция и тяжелых металлов.

Открытие Ba проводится следующим образом. Несколько зерен минерала сплавляют с большим избытком соды. Сплав растворяют в воде для удаления SO_4^{2-} , отфильтровывают нерастворимый остаток и растворяют его на фильтре в нескольких каплях HCl. Нейтрализуют раствор содой до слабо кислой реакции и переносят каплю его на фильтровальную бумагу. Наносят на сырое пятно каплю родизоната натрия. Присутствие Ba вызывает красное окрашивание.

Реактивы. Сода Na_2CO_3 .

HCl, 10%-ный раствор.



2. **Определение Ва по окрашиванию пламени.** Сульфат барита с трудом улетучивается в пламени, но если кристалл барита предварительно смочить HCl, можно отчетливо заметить зеленую окраску, свойственную солям Ва.

Реакция проводится следующим образом. Исследуемые зерна минерала аккуратно истирают в маленькой агатовой ступке или на предметном стекле. Чистую платиновую проволоку накаливают в пламени горелки и, окунув в химически чистую концентрированную HCl, погружают в порошок минерала, который тотчас прилипает к мокрой проволоке. После этого вносят проволоку в несветящееся пламя горелки. Ва окрашивает пламя в зеленый цвет, который более отчетливо наблюдается после продолжительного прокаливания.

БЕРИЛЛИЙ Ве

Минералы. Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, эвклаз $\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8[\text{OH}]_2$, хризоберилл BeAl_2O_4 , фенакит Be_2SiO_4 , гадолинит $\text{Y}_2\text{Fe}\cdot\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$.

1. **Определение Ве с хинализарином.** Слабо щелочной раствор Ве при прибавлении к нему разбавленного спиртового или щелочного раствора хинализарина окрашивается в синий цвет.

Присутствие аммонийных солей мешает определению бериллия с хинализарином. Соли Mg дают с хинализарином подобное же синее окрашивание.

Открытие Ве производят следующим образом. Два-три зерна минерала сплавляют с содой, сплав растворяют в нескольких каплях воды и к полученному раствору прибавляют две-три капли раствора хинализарина. Присутствие Ве вызывает синее окрашивание раствора.

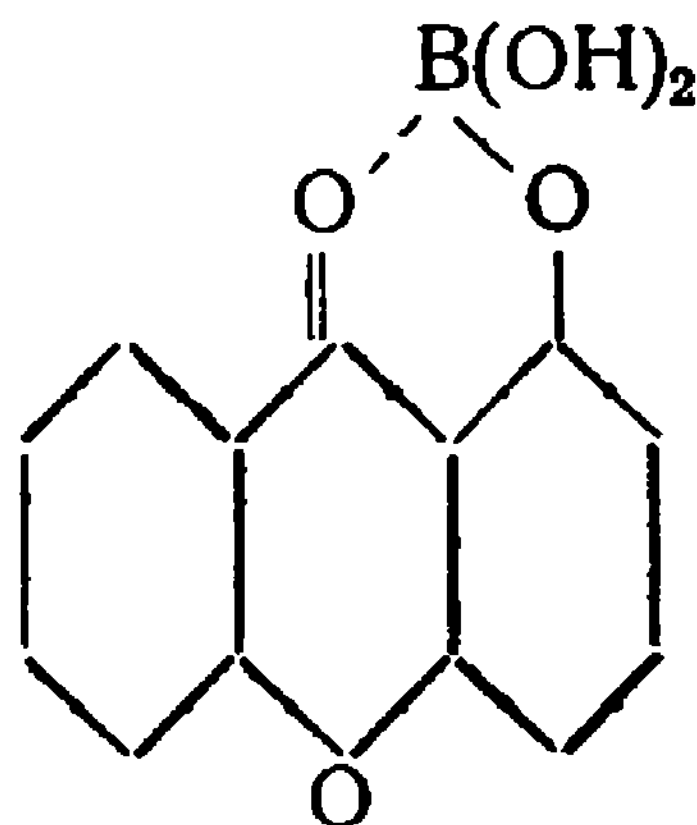
Р е а к т и в ы. Сода.

Хинализарин, насыщенный спиртовой раствор.

БОР В

Минералы. Турмалин — сложный алюмоборосиликат.

1. **Определение В с хинализарином.** Многие оксиантрахиноны растворяются в концентрированной H_2SO_4 с образованием окрашенных растворов, цвет которых изменяется от прибавления борной кислоты. Изменение цвета обусловлено, очевидно, образованием внутрикомплексного сложного эфира борной кислоты



Для открытия борной кислоты наиболее часто применяется хинализарин (1,2,5,8-тетраоксиантрахинон). Реакции мешают фториды, нитраты, ферроцианиды и соли ванадия.

Определение проводят следующим образом. Два-три зерна минерала сплавляют с содой в ушке платиновой проволоки. Твердый сплав помещают в фарфоровый тигель и прибавляют к нему три-четыре капли раствора хинализарина. Присутствие бора вызывает изменение окраски хинализарина из фиолетовой в синюю. Реакция очень чувствительна и специфична.

Р е а к т и в ы. Хинализарин, 0,01%-ный раствор в концентрированной H_2SO_4 .
Сода.

ВАНАДИЙ V

М и н е р а л ы. Тюямунит $\text{CaU}_2[\text{VO}_4]_2\text{O}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, ванадинит $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$.

1. Определение V с купфероном. Определение основано на образовании бурого осадка при прибавлении купферона к солям ванадия в слабо сернокислой среде. Соли Cr, Mo, Co, Fe, Ti и Sn дают окрашенные осадки с купфероном и поэтому мешают определению. При отсутствии этих элементов реакция достаточно чувствительна и специфична для V.

Определение проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в четырех-пяти каплях H_2SO_4 в пробирке при нагревании. Полученный раствор нейтрализуют тремя-четырьмя каплями аммиака до слабо кислой реакции и прибавляют три-четыре капли купферона. Избыток купферона вредит определению. Присутствие V вызывает образование красно-бурого осадка.

Р е а к т и в ы. H_2SO_4 концентрированная.

Купферон, 6%-ный водный раствор.

2. Определение V с перекисью водорода. Кислые растворы солей ванадиевой кислоты окрашиваются в буровато-красный цвет от прибавления к ним H_2O_2 . Окрашивание зависит от образования надванадиевой кислоты HVO_4 . Избыток H_2O_2 разрушает красную окраску.

Открытию V с H_2O_2 мешают соли церия, молибдаты, хроматы, иодиды, бромиды и большие количества Cu, Ni, Co и других металлов, дающих окрашенные соли. Ti в условиях реакции дает желтое окрашивание, которое может быть обесцвечено путем прибавления фторидов щелочных металлов, образующих комплексный фтористый титан.

Открытие V проводится следующим образом. Два-три зерна минерала растворяют в нескольких каплях H_2SO_4 при нагревании. Прибавляют несколько капель воды и одну каплю H_2O_2 . Присутствие V вызывает красное или розовое окрашивание.

Р е а к т и в ы. H_2SO_4 концентрированная.

H_2O_2 , 3%-ный раствор.

3. Определение V с анилином. Соли пентавалентного ванадия в кислых растворах окисляют анилин с образованием сине-зеленых продуктов окисления. Низшие окислы ванадия этой реакции не дают и поэтому должны быть предварительно окислены кипячением с концентрированной HNO_3 . Избыток азотной кислоты не разрушает анилина (Н. А. Тананаев, 1949; С. А. Юшко, 1940). Подобную реакцию дают хроматы, хлораты, гипохлораты и перманганаты.

Открытие ванадия производят на фильтровальной бумаге следующим образом: два-три зерна минерала растворяют на часовом стекле в двух-трех каплях царской водки. Выпаривают раствор для удаления соляной кислоты почти досуха, прибавляют две капли HNO_3 и еще раз выпаривают. Растворяют остаток в двух каплях HNO_3 . На фильтровальную бумагу наносят каплю раствора анилина и в середину пятна добавляют каплю испытуемого раствора. Присутствие ванадия вызывает медленное образование сине-зеленого пятна. Подогревание ускоряет реакцию.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

HNO_3 концентрированная.

Солянокислый раствор анилина — смесь анилина с равным объемом концентрированной HCl .

ВИСМУТ Vi

М и н е р а л ы. Висмутовый блеск Vi_2S_3 , бисмутит $\text{Vi}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_4$.

1. Определение Vi с цинхонином и иодистым калием. Определение основано на образовании оранжево-красного осадка двойного иодида висмута и цинхонина от прибавления цинхонина и KJ к раствору висмутовых солей в слабо кислой среде.

Pb в условиях реакции дает желтый осадок PbJ_2 , растворяющийся при разбавлении испытуемого раствора водой.

Hg дает бледный зеленовато-желтый осадок, не мешающий определению Vi , если количество Hg в растворе превышает количество Vi не более чем в 70 раз.

Sr дает бурый осадок, V образует желтый, переходящий в бурый осадок. Mo дает беловатую муть.

При отсутствии цинхонина для этой реакции можно воспользоваться алкалоидными остатками, получающимися как побочный продукт при синтетическом производстве хинина и содержащими значительное количество цинхонина.

Реакция проводится следующим образом. Одно маленькое зерно минерала растворяют в пробирке при кипячении в трех-четырех каплях H_2SO_4 (1 : 1). Раствор нейтрализуют аммиаком до слабо кислой реакции и затем прибавляют несколько капель цинхонина и такое же количество капель KJ . Присутствие Vi вызывает образование оранжево-красного осадка.

Р е а к т и в ы. Цинхонин или алкалоидные остатки, 1-%-ный водный раствор.
KJ, 2%-ный водный раствор.
H₂SO₄ (1 : 1).
NH₄OH.

Для определения **Vi** в присутствии **Cg** и **V** смесь минералов сплавляют с содой и селитрой, сплав выщелачивают водой и отфильтровывают. При этом **Vi** остается в осадке, а **Cg** и **V** переходит в раствор. Осадок растворяют в нескольких каплях H₂SO₄ и далее определяют как обычно. При соблюдении перечисленных условий, реакция является вполне специфичной для **Vi**.

2. Определение Vi методом восстановления до металла. Зерно висмутита растворяют в концентрированной HCl и к полученному раствору прибавляют кусочек металлического олова или цинка. В присутствии **Vi** выделяется темносерый осадок металлического **Vi**.

Р е а к т и в ы. HCl (1 : 1).
Zn или Sn металлические.

3. Определение Vi по окрашиванию пламени. При прокаливании висмутовых минералов висмут окрашивает пламя в зелено-голубой цвет.

ВОЛЬФРАМ W

М и н е р а л ы. Вольфрамит (Fe, Mn)WO₄, шеелит CaWO₄.

1. Определение W с родамином В. Соли W, а также Sb, Mo, Hg, Au, Ta и **Vi** изменяют окраску водного раствора родамина В из красной в фиолетовую.

При анализе шлихов вольфрамит и шеелит трудно принять за минералы, содержащие перечисленные металлы, мешающие определению W. Поэтому реакция может без опасений применяться для определения вольфрама.

Открытие W производится следующим образом. Вольфрамит сплавляют в платиновой ложке или в спирали платиновой проволоки с четверным по объему количеством соды и одним-двумя маленькими кристаллами селитры. Зеленовато-голубая окраска сплава указывает на присутствие Mn. Сплав растворяют в небольшом количестве воды и нерастворимый остаток отфильтровывают. Водный раствор в пробирке нейтрализуют HCl до слабо кислой реакции по лакмусу и прибавляют к нему 1—2 мл раствора родамина В. В присутствии W розовая окраска родамина В переходит в фиолетовую. При незначительных количествах W рекомендуется сравнивать окраску испытуемого раствора с слабо подкисленным раствором родамина В.

При анализе шеелита минерал не сплавляют, а растворяют в двух-трех каплях HCl, затем нейтрализуют раствор двумя-тремя каплями NH₄OH и прибавляют несколько капель родамина В. Розовая окраска родамина В переходит в фиолетовую.

Р е а к т и в ы Раствор 0,01 г кристаллического родамина В в 100 мл воды.

HCl.

NH₄OH.

2. Определение W с металлическим оловом. Несколько зерен минерала растворяют в HCl при нагревании; если минерал не растворяется (вольфрамит), его предварительно сплавляют с содой. К кислому раствору прибавляют небольшой кусочек олова и нагревают до кипения. Присутствие W вызывает синее окрашивание в результате образования W₂O₅. Подобная синяя окраска может появиться в этих условиях также от V и Mo. Кроме того, Nb дает более светлую голубую окраску, а Ti фиолетовую.

Р е а к т и в ы. HCl концентрированная.

Олово металлическое.

3. Определение W в шеелите с помощью пленочной реакции. Шлих помещают на предметное или часовое стекло, прибавляют несколько капель концентрированной HCl и нагревают 10—15 сек. На крупных зернах шеелита после этого можно заметить желтый налет вольфрамовой кислоты. К теплomu раствору прибавляют небольшой кристаллик SnCl₂ или несколько капель раствора SnCl₂. Все зерна шеелита при этом покрываются синим налетом W₂O₅.

Р е а к т и в ы. HCl концентрированная.

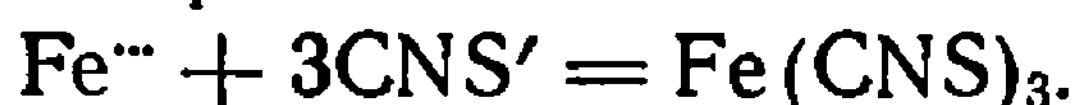
SnCl₂ кристаллическое или 5% -ный раствор его в концентрированной HCl. При отсутствии двухлористого олова можно пользоваться металлическим оловом. Для этого 0,5 г олова растворяют при нагревании в 10 мл HCl; для быстроты растворения рекомендуется прибавлять каплю 4% -ного раствора CuSO₄.

ЖЕЛЕЗО Fe

М и н е р а л ы. Лимонит HFeO₂ · aq, гематит Fe₂O₃, магнетит FeFe₂O₄, ильменит FeTiO₃, хромит FeCr₂O₄, пирит FeS₂.

Окисное железо Fe⁺⁺⁺

1. Определение Fe⁺⁺⁺ с роданистым калием или аммонием. Соли трехвалентного железа дают с роданидами в кислом растворе кроваво-красное роданистое железо:



Определению мешают фосфаты, арсенаты, фториды, оксалаты и соли других органических кислот, дающие с Fe⁺⁺⁺ устойчивые комплексные соединения. Ртутные соли вызывают образование роданистой ртути Hg(CNS)₂. При отсутствии указанных солей реакция обладает большой чувствительностью.

Определение проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют на часовом стекле в нескольких

каплях HCl . К полученному раствору прибавляют каплю KCNS , от чего он окрашивается в красный цвет, интенсивность которого зависит от количества Fe^{+++} .

Если минерал не растворяется в кислоте, то его предварительно сплавляют с содой и сплав растворяют в HCl .

Р е а к т и в ы. KCNS , 3%-ный водный раствор.

HCl , 10%-ный раствор.

2. Открытие Fe^{+++} с железистосинеродистым калием. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях HCl . Если минерал не растворяется в кислотах, то его сплавляют с содой и сплав растворяют в HCl . Каплю кислого раствора наносят на фильтровальную бумагу и помещают на нее кристалл $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. По мере растворения кристалла вокруг него образуется синее кольцо.

Р е а к т и в ы. HCl .

Сода.

Желтая кровяная соль $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 3%-ный водный раствор.

Закисное железо Fe^{++}

1. Открытие Fe^{++} с железосинеродистым калием. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях HCl . Если минерал не растворяется в кислоте, его сплавляют в ушке платиновой проволоки с $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ и затем растворяют в HCl . Раствор не должен содержать HNO_3 и других окислителей. Каплю полученного раствора наносят на фильтровальную бумагу и прибавляют одну-две капли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Присутствие Fe^{++} вызывает образование синего осадка (турбулева синь).

Р е а к т и в ы. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$.

HCl (1 : 1).

Красная кровяная соль $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 10%-ный водный раствор.

ЗОЛОТО Au

М и н е р а л ы. Самородное золото Au .

Открытие Au с хлористым оловом. Одно зерно золота растворяют в царской водке и полученный раствор осторожно выпаривают досуха. К сухому остатку прибавляют каплю воды и каплю раствора SnCl_2 . Присутствие золота вызывает образование пурпурового осадка коллоидального Au и $\text{Sn}(\text{OH})_2$ (кассиев пурпур). Осадок растворяется в NH_4OH с образованием красноватого раствора.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

SnCl_2 (см. стр. 46).

КОБАЛЬТ Co

М и н е р а л ы. Кобальтин CoAsS .

1. **Определение Co с роданистым аммонием и ацетоном.** Соли кобальта в кислом растворе дают с роданидами в присутствии ацетона синее окрашивание, обусловленное образованием соединения комплексного роданида $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$ с ацетоном.

Соли окиси железа дают с роданидами красное роданистое железо, маскирующее окраску роданида кобальта. Для устранения вредного влияния трехвалентного железа к раствору прибавляют фтористый аммоний или пирофосфат натрия, связывающие Fe в устойчивые комплексные соединения. Никелевые соли мешают определению только тогда, когда количество их превышает количество кобальта более чем в 100 раз.

Соли меди дают с роданидами красно-бурую роданистую медь $\text{Cu}(\text{CNS})_2$. Окраска, вызываемая роданидом меди, уничтожается прибавлением NaHSO_3 или H_2SO_3 .

Определение Co проводят следующим образом. Несколько зерен минерала растворяют в пяти-шести каплях царской водки при нагревании, раствор нейтрализуют NH_4OH до слабо кислой реакции, прибавляют несколько кристаллов NH_4CNS и пять-шесть капель ацетона. Присутствие кобальта вызывает образование синего окрашивания. В случае присутствия Fe^{+++} и Cu^{+} перед прибавлением ацетона в раствор вводят несколько капель пирофосфата натрия и сернистой кислоты до полного обесцвечивания раствора и выпадения белого осадка. После обесцвечивания к раствору прибавляют еще несколько кристаллов NH_4CNS и встряхивают с ацетоном.

При обесцвечивании раствора нужно избегать прибавления избытка пирофосфата натрия, разрушающего синюю окраску.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

NH_4OH .

NH_4CNS кристаллический.

Ацетон.

Пирофосфат натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, насыщенный раствор ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ получают из NaHPO_4 нагреванием в фарфоровом тигле до плавления).

SO_2 или $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$.

2. **Определение кобальта по окрашиванию перлов.** В присутствии кобальта перл буры или фосфорной соли окрашивается в чистый синий цвет в окислительном и в восстановительном пламени.

МАРГАНЕЦ Mn

М и н е р а л ы. Пиролюзит MnO_2 , псиломелан — водный манганат Mn, браунит $\text{Mn}^{++}\text{Mn}^{+++}\text{O}_3$, гюбнерит MnWO_4 .

1. **Открытие Mn по окраске сплава.** Сплав минерала с содой и селитрой окрашивается в присутствии Mn в голубовато-зеленый цвет.

2. **Определение Mn с надсерноокислым аммонием.** Одно-два зерна минерала растворяют в трех-четырех каплях концентриро-

ванной H_2SO_4 . Гюбнерит и другие нерастворимые в кислотах минералы сплавляют с содой и селитрой и сплав растворяют в H_2SO_4 . Прибавляют две-три капли AgNO_3 и несколько мелких кристаллов надсернистого аммония. Все соли марганца окисляются с образованием иона MnO_4' , окрашивающего раствор в фиолетовый цвет.

Р е а к т и в ы. H_2SO_4 концентрированная.

AgNO_3 , 10% -ный водный раствор.

Надсернистый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, кристаллический.

3. Определение Mn в псиломелане и пиролюзите. Минерал растворяется в концентрированной HCl с выделением Cl и окрашивает при этом раствор в темнорусый цвет.

МЕДЬ Cu

М и н е р а л ы. Самородная медь Cu , халькозин Cu_2S , халькопирит CuFeS_2 , малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$, азурит $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$.

1. Открытие Cu с железистосинеродистым калием. Реакция, основанная на образовании красно-бурого осадка $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Реакции мешает присутствие солей Fe^{+++} , Zn , Ag , Pb , Th , Mo , редких земель и уранила, дающих осадки с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Однако реакция может применяться для определения меди, так как медные минералы по внешнему виду резко отличаются от минералов, содержащих упомянутые соли. Железо же перед определением Cu может быть удалено из раствора осаждением NH_4OH .

Для определения Cu в халькопирите одно-два зерна минерала растворяют в царской водке и прибавляют NH_4OH до появления резкого запаха. Отфильтровывают выделившийся бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Синяя окраска фильтрата указывает на присутствие Cu . Если минерала очень мало, то синяя окраска плохо заметна. Тогда кипятят фильтрат для удаления NH_4OH и затем прибавляют каплю раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и каплю HCl (1:1). Образуется красно-бурый осадок $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Минералы, не содержащие Fe , растворяют в HCl , прибавляют к раствору каплю воды и каплю $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Присутствие Cu вызывает образование красно-бурого осадка $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Р е а к т и в ы. HCl .

HNO_3 .

NH_4OH .

Железистосинеродистый калий $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,

2% -ный водный раствор.

2. Определение Cu с пиридином и роданистым аммонием по Спакю. Реакция основана на образовании зеленого хлопьевидного осадка $(\text{CuPy})_2(\text{CNS})_2$ от прибавления пиридина и роданистого аммония или калия к нейтральному раствору солей меди. Реакция очень чувствительна и достаточно специфична.

Определение проводят следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в четырех-пяти каплях царской водки

в пробирке при нагревании. Раствор нейтрализуют аммиаком до нейтральной или слабо кислой реакции и прибавляют несколько капель пиридина и такое же количество NH_4CNS . Выпадает зеленый хлопьевидный осадок. Избыток пиридина растворяет выделяющийся осадок, поэтому его следует прибавлять осторожно.

При малых количествах меди чувствительность реакции может быть еще увеличена путем встряхивания полученного осадка с несколькими каплями хлороформа. При этом $(\text{CuPy})_2(\text{CNS})_2$ вытягивается в хлороформ, сообщая ему интенсивное яркозеленое окрашивание.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

NH_4CNS , 5%-ный водный раствор.

Пиридин.

Хлороформ.

МОЛИБДЕН Mo

М и н е р а л ы. Молибденит MoS_2 .

1. Определение Mo с ксантогенатом калия. В кислом растворе

молибдаты соединяются с ксантогенатом калия $\text{SC} \begin{array}{l} \text{SK} \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$

с образованием интенсивного красного окрашивания или темно-красных маслянистых капель комплексного соединения



Реакция очень чувствительна и специфична для молибдена.

Определение проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала сплавляют с содой в ушке платиновой проволоки, сплав растворяют в трех-четырех каплях HCl (1:1) и к полученному слабо кислому раствору прибавляют кристаллик ксантогената калия. Mo окрашивает раствор в красный цвет.

Р е а к т и в ы. Сода.

HCl (1:1).

Ксантогенат калия $\text{SC} \begin{array}{l} \text{SK} \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$, кристаллический.

2. Определение Mo с роданистым калием и хлористым оловом.

Солянокислые растворы Mo окрашиваются от KCNS в желтый цвет, который от прибавления капли раствора SnCl_2 переходит в красный вследствие восстановления молибдена до трехвалентного и образования комплексного соединения $\text{K}_3[\text{Mo}(\text{CNS})_6]$.

Трехвалентное железо образует с KCNS кроваво-красное роданистое железо, исчезающее от прибавления SnCl_2 или другого восстановителя. Присутствие W вызывает образование синего окрашивания, мешающего определению Mo. Определению Mo с

KCNS и SnCl_2 мешают также соли ртути, фосфаты и органические кислоты, образующие с молибденом устойчивые комплексные соединения.

Открытие Mo проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в двух-трех каплях HNO_3 при нагревании. Выпарив кислоту досуха, остаток растворяют в двух-трех каплях HCl при нагревании. Полученный раствор переносят на фильтровальную бумагу путем промокания и прибавляют к нему каплю раствора KCNS. Присутствие железа вызывает образование красного пятна (если Fe^{++} нет — пятно желтое). Если прибавить еще каплю SnCl_2 , то красная окраска роданистого железа исчезает, но на месте ее появляется карминно-красное пятно $\text{K}_3[\text{Mo}(\text{CNS})_6]$.

Р е а к т и в ы. HNO_3 .

HCl .

KCNS, 3% -ный раствор.

SnCl_2 , 15% -ный раствор.

МЫШЬЯК As

М и н е р а л ы. Арсенопирит FeAsS , кобальтин CoAsS , никелин NiAs , реальгар AsS , аурипигмент As_2S_3 .

1. **Определение As с молибденовокислым аммонием.** Соединения мышьяка так же, как и соединения фосфора, дают желтый кристаллический осадок с молибденовокислым аммонием. Открытие As проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях HNO_3 , к полученному раствору прибавляют каплю воды и кристаллик молибденовокислого аммония и нагревают до кипения. Присутствие As вызывает образование желтого кристаллического мышьяково-молибденового аммония.

Р е а к т и в ы. HNO_3 .

Молибденовокислый аммоний.

2. **Определение As по реакции Беттендорфа.** Определение основано на выделении черного осадка металлического мышьяка при восстановлении мышьяковых солей хлористым оловом в кислой среде. Реакция протекает только в сильно кислой среде и ускоряется при нагревании.

Из других металлов лишь соли ртути дают подобную же реакцию, но по Файглю ртуть может быть удалена путем прокаливания после превращения мышьяка в пироарсенаты. Чувствительность реакции снижается, если в растворе присутствуют окрашенные соли.

Определение проводится следующим образом. Два-три зерна минерала растворяют в нескольких каплях концентрированной HNO_3 при нагревании в фарфоровом тигле. Для удаления избытка HNO_3 , мешающей определению As с SnCl_2 , раствор выпаривают досуха, но не прокаливают, так как мышьяк летуч. Остаток растворяют в двух-трех каплях HCl (1 : 1) и к раствору при-

бавляют кристалл хлористого олова. Присутствие мышьяка вызывает бурое окрашивание раствора и постепенное выпадение черного осадка.

Р е а к т и в ы. HNO_3 концентрированная.

HCl (1 : 1).

SnCl_2 кристаллическое.

3. Открытие As в виде AsJ_3 . Два-три зерна минерала обрабатывают двумя-тремя каплями HNO_3 при нагревании. Выпаривают полученный раствор досуха, но не прокаливают. Прибавляют две-три капли разбавленной HCl (1 : 1) и кристалл KJ . Присутствие As вызывает образование оранжево-желтого осадка AsJ_3 .

Р е а к т и в ы. HNO_3 концентрированная.

HCl (1 : 5).

KJ кристаллический.

НИКЕЛЬ Ni

М и н е р а л ы. Никелин NiAs .

1. Определение Ni с диметилглиоксимом. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях царской водки при нагревании. Каплю полученного раствора наносят на фильтровальную бумагу, нейтрализуют несколькими каплями аммиака и прибавляют каплю 1 %-ного спиртового раствора диметилглиоксима. Красное окрашивание указывает на присутствие Ni.

Эта реакция может быть проведена не только на бумаге, но также в растворе. Для этого к раствору минерала прибавляют небольшой избыток аммиака до слабого запаха и немного кристаллического диметилглиоксима и нагревают до кипения. Присутствие даже незначительных количеств никеля вызывает образование красивого карминно-красного осадка.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

NH_4OH .

Диметилглиоксим, 1 %-ный спиртовый раствор.

НИОБИЙ Nb (см. тантал Ta)

ОЛОВО Sn

М и н е р а л ы. Касситерит SnO_2 .

1. Определение касситерита восстановлением до металла на цинковой пластинке. Для определения касситерита наиболее часто пользуются реакцией восстановления на цинковой пластинке; при этом обычно отмечается, что другие минералы такой реакции не дают. Однако проведенные нами опыты показали, что церуссит, висмутит, англезит и некоторые другие минералы также могут восстанавливаться до металла.

Открытие проводится следующим образом. Зерна касситерита помещают на цинковую пластинку или кусочек гранулированного цинка и прибавляют несколько капель HCl (1 : 1). Вследствие восстановления SnO_2 до Sn зерна касситерита покрываются бле-

стящим металлическим налетом. Эта реакция не всегда удается с первого раза, некоторые разности касситерита восстанавливаются только после повторной обработки их соляной кислотой при нагревании на цинковой пластинке.

Металлический налет может быть удален с зерен касситерита. Для этого их погружают на одну-две минуты в концентрированную HCl; налет металлического олова растворяется и минерал принимает прежний вид. Церуссит и бисмутит, которые иногда можно принять за касситерит, при удалении налета растворяются в HCl вместе с металлом.

2. Определение Sn с какотелином. Соли двухвалентного олова окрашивают водный раствор какотелина в фиолетовый цвет, переходящий в щелочной среде в голубой. Так как какотелин реагирует только с солями Sn²⁺, то четырехвалентное олово перед определением должно быть восстановлено. Солянокислые растворы ниобия, урана, молибдена, вольфрама, ванадия, хрома и титана после восстановления также окрашивают водный раствор какотелина в фиолетовый цвет. Реакция очень чувствительна.

При анализе шлихов касситерит можно принять по внешнему виду за многие минералы, например циркон, монацит, сфен, рутил. Поэтому для открытия касситерита лучше всего пользоваться реакцией восстановления до металлического олова и определение с какотелином употреблять лишь для проверки зерен, покрывшихся металлическим налетом.

Определение проводится следующим образом. Зерно минерала, покрытое металлическим налетом, выделившимся в результате восстановления, растворяют на стекле в нескольких каплях концентрированной HCl и к полученному раствору прибавляют несколько капель водного раствора какотелина. В присутствии олова появляется фиолетовое окрашивание.

Р е а к т и в ы. HCl.

Какотелин, насыщенный водный раствор. При отсутствии в лаборатории какотелина его можно приготовить из бруцина следующим образом: 4 г бруцина растворяют в 100 мл 10%-ной HNO₃ и прозрачный раствор нагревают до 60—70°. Через несколько минут, когда выделится красный осадок, прекращают нагревание и оставляют раствор на 3—4 час. при комнатной температуре. Выделившийся какотелин отфильтровывают на воронке Бюхнера, промывают спиртом до полного удаления кислоты (проба на лакмус) и высушивают в эксикаторе над серной кислотой.

ОСМИЙ Os

М и н е р а л ы. Осмистый иридий Os, Ir.

Определение. Не растворяется даже в царской водке.

ПАЛЛАДИЙ Pd

Минералы. Самородный палладий Pd.

Определение Pd с иодистым калием. Минерал растворяют в нескольких каплях царской водки, выпаривают досуха и прибавляют несколько капель воды, каплю HCl и каплю раствора KJ. В присутствии Pd выпадает черный хлопьевидный осадок PdJ₂, растворимый в избытке KJ. Платина в этих условиях окрашивает раствор в красный цвет.

Реактивы. Царская водка.

HCl.

KJ, 2% -ный раствор.

ПЛАТИНА Pt

Минералы. Самородная платина Pt.

1. Открытие Pt с иодистым калием. Раствор в царской водке выпаривают досуха; к остатку прибавляют две-три капли HCl и еще раз выпаривают. Остаток растворяют в нескольких каплях воды, прибавляют каплю H₂SO₄ и кристаллик KJ. В присутствии Pt раствор окрашивается в красный цвет.

Реактивы. Царская водка.

HCl.

H₂SO₄.

KJ кристаллический.

РТУТЬ Hg

Минералы. Киноварь HgS, метациннабарит HgS.

Определение Hg в киновари. Несколько крупинок соды расплавляются в ушке платиновой проволоки и полученным раскаленным шариком соды касаются кристалла киновари. Минерал разрушается с выделением мелких капель металлической ртути, легко наблюдаемых под бинокуляром.

СВИНЕЦ Pb

Минералы. Галенит PbS, церуссит PbCO₃, свинец Pb.

Открытие Pb с KJ. Один маленький кристалл галенита растворяют в трех-четырех каплях концентрированной HNO₃ при нагревании. Выпаривают раствор досуха, прибавляют две-три капли концентрированной HCl и еще раз выпаривают. Сухой остаток растворяют при нагревании в двух-трех каплях воды, охлаждают и к холодному раствору прибавляют кристаллик KJ. Присутствие Pb вызывает образование желтого чешуйчатого осадка PbJ₂.

Реактивы. HNO₃.

HCl.

KJ кристаллический.

СЕРЕБРО Ag

Минералы. Самородное серебро Ag.

Определение Ag с HCl. Минерал растворяют в одной-двух каплях HNO_3 , к полученному раствору прибавляют две-три капли воды и одну каплю разбавленной HCl. Присутствие Ag вызывает образование белого творожистого осадка AgCl , легко растворяющегося в NH_4OH . AgCl на свету разлагается и темнеет.

Р е а к т и в ы. HNO_3 концентрированная.
HCl разбавленная.

СУРЬМА Sb

М и н е р а л ы. Антимонит Sb_2S_3 .

1. Определение Sb с родамином В. Соли пятивалентной сурьмы изменяют красный цвет водного раствора родамина В в фиолетовый или синий с одновременным выпадением тонкого осадка.

Определение проводится в солянокислой среде. Небольшие количества Fe не мешают открытию. Хлориды ртути, золота, таллия и висмута, а также молибдаты и вольфраматы в кислом растворе дают подобную же цветную реакцию. По внешнему виду минералы, содержащие перечисленные соединения, едва ли могут быть ошибочно приняты за антимонит, и поэтому реакция без опасения может применяться при анализе антимонита.

Открытие Sb проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях концентрированной HNO_3 при нагревании. Выпаривают досуха, прибавляют одну-две капли HCl и еще раз выпаривают. Растворяют в HCl, нейтрализуют аммиаком до слабо кислой реакции и прибавляют 1 мл раствора родамина В. Присутствие Sb вызывает изменение красной окраски реактива в фиолетовую. При малых количествах сурьмы полученную окраску удобно сравнивать с окраской слабо подкисленного раствора родамина В.

Р е а к т и в ы. Родамин В. 0,01 г красителя растворяют в 100 мл воды.

HCl концентрированная.

NH_4OH .

2. Открытие Sb методом восстановления до металла. Все соли сурьмы восстанавливаются водородом (в момент выделения) до металлической Sb. Если проводить восстановление в присутствии платины, то Sb выделяется на платине в виде черного осадка. As, Bi и Te в этих условиях также восстанавливаются до черного металла, Sn — до светлосерого.

Открытие проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях HNO_3 при нагревании. Выпаривают HNO_3 , прибавляют две-три капли HCl и снова выпаривают. Выпаривание с HCl повторяют три раза для полного удаления HNO_3 . Полученный солянокислый раствор переносят на цинковую пластинку, погружают в раствор кусочек платиновой проволоки, чтобы платина касалась цинка, и прибавляют две-три капли концентрированной HCl. Через 10—30 мин. на платиновой проволоке появляется черный налет Sb.

Р е а к т и в ы. HNO_3 .

HCl .

Zn металлический.

Платиновая проволока.

3. Определение антимонита с КОН. Одно-два зерна антимонита нагревают с двумя каплями КОН. Минерал растворяется с образованием оранжево-красного осадка сурьмяной оксисульфосоли.

Р е а к т и в ы. КОН, 20% -ный раствор.

ТАНТАЛ Та и НИОБИЙ Nb

М и н е р а л ы. Танталит—колумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$, самарскит $(\text{Y}, \text{Er} \dots)_4[(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_7]_3$, фергюсонит $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{U} \dots)(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})\text{O}_4$.

1. **Открытие Та и Nb с помощью пленочной реакции** (см. стр. 38).

2. **Открытие Та и Nb с таннином.** Тантал и ниобий в серно- или солянокислом растворе образует с таннином окрашенные осадки. Осадок, образованный танталом, имеет серно-желтый цвет; соединения ниобия обладают киноварно-красной окраской. При одновременном присутствии тантала и ниобия осадок имеет промежуточную окраску, приближающуюся или к красному или к желтому цвету, в зависимости от соотношения тантала и ниобия.

Открытию земельных кислот мешает присутствие вольфрама, образующего с таннином бурно-черный осадок, и большие количества кремнезема, гидролиз которого может маскировать окраску осадка соединений тантала и ниобия.

В присутствии вольфрама определение Та и Nb может быть проведено только после предварительного отделения вольфрама с помощью насыщенного раствора углекислого аммония. Присутствие в растворе титана при соответствующих условиях проведения реакции не мешает определению.

Реакцию проводят следующим образом. 1—2 мг тонко растертого минерала сплавляют в фарфоровом тигле с шестикратным количеством пиросульфата калия. Сплав охлаждают и после этого растворяют в 1 мл горячей 5%-ной серной кислоты, содержащей 1% таннина. Раствор нагревают до кипения. В присутствии земельных кислот выпадает хлопьевидный осадок, окрашенный в желтый или оранжево-красный цвет, в зависимости от его состава.

Реакцию необходимо проводить в горячем растворе. При охлаждении и продолжительном стоянии иногда образуется бурая муть или выпадает небольшой грязно-бурый осадок даже в отсутствии Та и Nb.

Р е а к т и в ы. Пиросульфат калия $K_2S_2O_7$ или кислый серно-кислый калий $KHSO_4$.

Сернокислый раствор таннина. Готовится растворением при нагревании 1 г таннина в 100 мл 5%-ной H_2SO_4 . При охлаждении выделяется буроватый избыток таннина. Перед употреблением раствор нагревают до полного растворения мути (почти до кипения). Рекомендуется пользоваться свежеприготовленным раствором, так как при продолжительном стоянии и многократном кипячении раствор делается бурым и не годится для реакции.

ТЕЛЛУР Te

М и н е р а л ы. Петцит $(Ag, Au)_2Te$, гессит Ag_2Te .

1. Открытие Te методом восстановления до металла с помощью $SnCl_2$. Соли теллура при восстановлении выделяют черный осадок металлического Te, точно так же как соли Sb, Bi и As.

Зерно минерала растворяют в двух-трех каплях HCl при нагревании. Если минерал в HCl не растворяется, его растворяют в HNO_3 , выпаривают досуха и прибавляют две-три капли HCl. К полученному солянокислому раствору прибавляют кристалл $SnCl_2$. Соединения Te восстанавливаются до металлического теллура, который выделяется в виде черного осадка.

Р е а к т и в ы. HCl.

HNO_3 .

$SnCl_2$ кристаллическое.

2. Определение теллура с реагентом «Антразо». Органическое соединение «Антразо» (антрахинон-1-азо 4-диметиланилин), предложенное В. И. Кузнецовым (1940) для открытия олова, использовано С. С. Боришанской (1947) для качественного определения теллура. Солянокислый раствор «Антразо», окрашенный в красный цвет, с четырехвалентным теллуrom образует сине-фиолетовый осадок. Для реакции применяется фильтровальная бумага, пропитанная раствором «Антразо» и высушенная.

Открытие проводят следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в трех-четырех каплях царской водки при нагревании и к раствору прибавляют одну каплю воды. Наносят каплю полученного раствора на реактивную бумагу «Антразо». Присутствие теллура вызывает образование сине-фиолетового пятна.

Подобную же реакцию дают Bi и Sb. Для отличия этих элементов еще влажное сине-фиолетовое пятно смачивают каплей раствора $NaNO_2$. При этом пятно теллура исчезает и восстанавливается розовая окраска бумаги, пятна Bi и Sb не изменяются. Для ускорения реакции рекомендуется нанести на пятно по капле раствора нитрита с обеих сторон бумаги.

Р е а к т и в ы. Царская водка.

Реактивная бумага «Антразо». Способ приготовления: 0,05—0,1 г свободного основания «Антразо» растворяют в 100 мл нагретого этилового спирта в присутствии двух-трех капель HNO_3 ; этим теплым раствором пропитывают полоски фильтрованной бумаги и высушивают ее.

Нитрит натрия NaNO_2 , 0,5% -ный раствор.

ТИТАН Тi

М и н е р а л ы. Ильменит FeTiO_3 , анатаз TiO_2 , рутил TiO_2 , брукит TiO_2 , сфен $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$.

1. **Определение Тi с перекисью водорода.** Одно маленькое зерно минерала сплавляют в ушке платиновой проволоки с $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ и сплав растворяют в пробирке в нескольких каплях H_2SO_4 (1 : 1). К полученному раствору прибавляют одну каплю 3% -ной H_2O_2 . Образование желтой надтитановой кислоты указывает на присутствие Тi.

Определению титана мешает присутствие хрома, ванадия, молибдена и фтора. Для отделения Cr, V и Mo от титана исследуемый минерал сплавляют со смесью соды и селитры, сплав растворяют в небольшом количестве воды. При этом Cr, V и Mo переходят в водный раствор, а Тi остается в нерастворимом остатке. Остаток отфильтровывают, промывают водой, растворяют в H_2SO_4 и прибавляют H_2O_2 , как указано выше.

Р е а к т и в ы. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$.

H_2SO_4 (1 : 1).

H_2O_2 , 3% -ный раствор.

Сода Na_2CO_3 .

Селитра KNO_3 .

ФОСФОР Р

М и н е р а л ы. Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$, монацит (Ce, La...) PO_4 , ксенотим YPO_4 .

1. **Открытие Р с молибденовокислым аммонием.** Два-три зерна апатита растворяют в нескольких каплях HNO_3 и к полученному раствору прибавляют кристаллик молибденовокислого аммония. Присутствие фосфора вызывает образование желтого осадка фосфоромолибдата аммония.

Нерастворимые в кислотах монацит и ксенотим сплавляют с KOH или смесью 5 ч. Na_2CO_3 с 1 ч. KNO_3 , сплав растворяют в HNO_3 и прибавляют молибденовокислый аммоний.

Р е а к т и в ы. HNO_3 .

Молибденовокислый аммоний кристаллический.

2. **Открытие Р с молибдатом аммония и бензидином.** По Файглю, фосфаты образуют с молибдатами в кислом растворе желтую комплексную соль фосфорномолибденовой кислоты

$\text{H}_7[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$. Эта соль легко окисляет бензидин с образованием синих продуктов восстановления молибденовой кислоты и окисления бензидина. Реакция очень чувствительна. Разбавленные растворы фосфатов, которые с молибдатом не дают заметного желтого осадка, отчетливо реагируют с бензидином.

Подобную же реакцию с молибденовокислым аммонием могут давать арсенаты и силикаты, но прибавление винной кислоты к раствору молибдата препятствует образованию синей окраски от As и SiO_2 . В присутствии винной кислоты реакция характерна только для фосфора.

Открытие P проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в нескольких каплях HNO_3 на часовом или предметном стекле при нагревании. Нерастворимые в кислоте минералы сплавляют с KOH и сплав растворяют в HNO_3 . Полученный кислый раствор путем промакивания переносят на фильтровальную бумагу и на мокрое пятно наносят каплю молибдата аммония и каплю уксуснокислого раствора бензидина. После этого фильтровальную бумагу держат некоторое время над склянкой с аммиаком. По мере нейтрализации кислоты пятно окрашивается в синий цвет, интенсивность которого зависит от количества фосфора, присутствующего в растворе.

Большие количества железа при нейтрализации раствора аммиаком дают бурое пятно гидроокиси железа, маскирующей синюю окраску. В этом случае синяя окраска фосфора более отчетливо выступает на обратной стороне фильтровальной бумаги.

Р е а к т и в ы. Раствор бензидина. 0,05 г основного или солянокислого бензидина растворяют в 10 мл концентрированной уксусной кислоты и разбавляют водой до 100 мл.

Раствор молибдата аммония. 5 г реактива растворяют в 100 мл холодной воды, полученный раствор смешивают с 35 мл HNO_3 (уд. веса 1,2) и прибавляют 2,6 г винной кислоты.

HNO_3 уд. веса 1,2.

KOH.

NH_4OH .

ФТОР F

М и н е р а л ы: Флюорит CaF_2 , топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F},\text{OH}]_2$.

1. **Определение F с циркон-ализарином.** Солянокислые растворы хлористого циркония окрашивают ализаринсульфокислый натрий в густой красно-фиолетовый цвет. Прибавление фторидов к такому раствору разрушает циркон-ализариновое соединение с образованием бесцветного комплексного аниона $[\text{ZrF}_6]''$ и желтого ализарина.

Большие количества сульфатов, фосфатов, арсенатов и оксалатов также разрушают циркон-ализариновое соединение, давая с цирконом комплексные ионы или осаждая его.

Реакция не отличается особенной чувствительностью и может быть проведена только при наличии достаточного количества минерала. 10—15 зерен минерала сплавляют с содой в платиновой ложке или в спирали платиновой проволоки. Сплав растворяют в нескольких каплях воды и отфильтровывают нерастворимый остаток. Фильтрат подкисляют HCl и прибавляют 0,5 мл циркон-ализаринового раствора. Присутствие F вызывает изменение красно-фиолетовой окраски раствора в желтую.

При малых количествах фтора изменение окраски наступает спустя некоторое время. В этом случае окраску удобно наблюдать путем сравнения испытуемого раствора с подкисленным разбавленным раствором циркон-ализарина.

Р е а к т и в ы. $Zr(NO_3)_4$. 1 г соли растворяют в 250 мл воды. Ализарин-рот. 1 г реактива растворяют в 100 мл этилового спирта, отфильтровывают нерастворимый остаток и к фильтрату прибавляют еще 150 мл спирта. Перед употреблением смешивают 3 ч. раствора $Zr(NO_3)_4$ с 2 ч. раствора ализарина. Реактив должен иметь красно-фиолетовую окраску.

Na_2CO_3 .

HCl.

ХРОМ Cr

М и н е р а л ы. Хромит $FeCr_2O_4$, пикотит $(Mg,Fe)(Al,Fe,Cr)_2O_4$.

1. Определение Cr с азотнокислым серебром. Несколько зерен минерала сплавляют со смесью соды и селитры в ушке платиновой проволоки. Сплав растворяют в воде и отфильтровывают нерастворимый остаток. Водный раствор, имеющий бледножелтую окраску, подкисляют уксусной кислотой и прибавляют к нему две-три капли $AgNO_3$. Присутствие Cr вызывает образование красно-бурого осадка Ag_2CrO_4 .

Р е а к т и в ы. Смесь соды с селитрой (5 ч. Na_2CO_3 и 1 ч. KNO_3).

Уксусная кислота, 5%-ная.

$AgNO_3$, 3%-ный раствор.

2. Определение Cr с дифенилсемикарбазидом. При прибавлении дифенилсемикарбазида к кислым растворам хроматов образуется синее соединение еще неизвестного состава. Подобную же реакцию дает дифенилкарбазид, образующий с хроматами фиолетовые соединения. Ртутные соли и молибдаты мешают определению, давая с дифенилсемикарбазидом в кислом растворе синие и фиолетовые соединения.

Определение хрома проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала сплавляют в ушке платиновой проволоки со смесью соды и селитры. Сплав растворяют в воде и отфильтровывают нерастворимый остаток. К фильтрату, содержащему Cr, прибавляют большой избыток H_2SO_4 до сильно кислой реакции

и затем несколько капель дифенилсемикарбазида. Присутствие Cr вызывает синее окрашивание раствора.

Р е а к т и в ы. Сода с селитрой (5 ч. Na_2CO_3 и 1 ч. KNO_3).

H_2SO_4 концентрированная.

Дифенилсемикарбазид, 1% -ный спиртовой раствор.

ЦИНК Zn

М и н е р а л ы. Сфалерит ZnS , смитсонит ZnCO_3 .

1. **Определение Zn с железистосинеродистым калием.** При прибавлении раствора железистосинеродистого калия к солям цинка образуется голубовато-белый $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Определению мешает присутствие железа, кобальта, меди, никеля, урана, ванадия, титана и молибдена, дающих с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ окрашенные осадки. Свинец и кадмий дают сходные с $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ белые осадки.

Fe может быть удалено осаждением каплей NH_4OH перед прибавлением $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. В присутствии Pb реакцию нужно проводить в сильно кислой среде, так как $\text{Pb}[\text{Fe}'(\text{CN})_6]$ растворяется в кислоте.

Открытие Zn проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала растворяют в трех-четырех каплях концентрированной HCl при нагревании и к полученному раствору прибавляют одну каплю $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Присутствие Zn вызывает образование голубовато-белого осадка $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Если минерал содержит железо, то его необходимо удалить перед прибавлением $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Для этого к раствору, полученному при растворении минерала в HCl , прибавляют большой избыток NH_4OH и выделившийся бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ отфильтровывают. Фильтрат подкисляют и прибавляют одну каплю $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Р е а к т и в ы. HCl концентрированная.

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 2% -ный раствор.

NH_4OH .

ЦИРКОНИЙ Zr

М и н е р а л ы. Циркон ZrSiO_4 , бадделейт ZrO_2 .

1. **Определение Zr с ализарином.** При прибавлении к солям циркония спиртового раствора ализарина образуется красно-бурый осадок. Открытию мешает присутствие фторидов, сульфатов, фосфатов, вольфраматов и некоторых органических оксикислот, так как все эти соединения дают с цирконием устойчивые комплексы и удаляют ионы циркония из раствора.

Несмотря на большое число анионов, мешающих открытию Zr , реакция все же может быть использована для определения циркона, потому что в условиях шлихового анализа циркон едва ли может быть ошибочно принят за минералы, содержащие перечисленные анионы. При изучении шлиха под биноклем за циркон могут быть приняты ксенотим и касситерит.

Определение Zr проводится следующим образом. Одно-два зерна минерала сплавляют с содой, сплав растворяют в нескольких каплях 10%-ной HCl. Каплю полученного раствора переносят на фильтровальную бумагу и прибавляют каплю раствора ализарина. Спустя несколько секунд появляется красно-бурый хлопьевидный осадок, не исчезающий от прибавления капли 3%-ной HCl.

Р е а к т и в ы. HCl, 10%-ная и 3%-ная.

Ализарин. К насыщенному спиртовому раствору продажного ализарин-рота прибавляют по каплям HCl до появления чисто желтой окраски раствора. После этого разбавляют равным объемом спирта и фильтруют.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ОПТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Описание оптических свойств прозрачных минералов имеется в работах В. Н. Лодочникова (1947), В. И. Лучицкого (1947), А. Н. Винчелла (1949) и др. Описание приемов работы с микроскопом приводится в работах В. Б. Татарского (1949), Г. В. Бокский (1948) и др.

Оптические свойства минералов изучают под микроскопом в препарате иммерсионным методом.

Для приготовления препарата небольшое зерно минерала помещают на предметное стекло и, осторожно надавливая другим стеклом, дробят в мелкие осколки. Раздробленный минерал покрывают покровным стеклом и затем под стекло впускают каплю иммерсионной жидкости с определенным показателем преломления. Полученный препарат помещают на столик микроскопа и определяют показатель преломления и другие оптические свойства минерала.

Показатель преломления минерала N (или n) представляет собой отношение

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

где i —угол падения;

r —угол преломления светового луча.

Минералы кубической сингонии и коллоидные минералы имеют одинаковый показатель преломления во всех направлениях кристалла или зерна, они оптически изотропны. У минералов других сингоний показатели преломления изменяются в зависимости от направления хода луча в кристалле от некоторого наибольшего своего значения N_g до наименьшего значения N_r . Эти минералы называются анизотропными.

Непрозрачные минералы

Цвет	Сильно магнитные	Слабомагнитные	Немагнитные
Черные	Железо Магнетит Титаномагнетит	Бломстрандин — приорит <i>Браннерит</i> Вольфрамит Гадолинит Гематит Ильменит Колумбит <i>Пиролоюзит</i> <i>Поликраз</i> <i>Самарскит</i> Сфалерит <i>Торианит</i> <i>Уранинит</i> Фергюсонит <i>Хлопинит</i> Хромит Эшинит	Браунит Иридосмии Карбонадо Сфалерит <i>Торианит</i> <i>Уранинит</i>
Серые	Платина магнитная	Вольфрамит Платина	Антимонит Арсенопирит Бисмутит Браунит Висмут Висмутин Галенит Гессит <i>Кобальтин</i> Лейкоксен Молибденит Олово Осмистый иридий <i>Палладий</i> <i>Палладий-антимонид</i> Петцит Платина Свинец Серебро Сперрилит <i>Торианит</i> <i>Халькозин</i>
Бурые, красные и желтые	Пирротин	<i>Ампангабеит</i> Гематит Лейкоксен Лимонит Пикотит Эшинит	<i>Ампангабеит</i> Бисмутит Гюбнерит Золото Киноварь Лейкоксен Медь Пирит Халькопирит
Белые	—	—	Лейкоксен

Изотропные минералы

Цвет	N очень низкий ($< 1,55$)	N очень высокий ($> 1,70$)
Бесцветные	Опал Флюорит	Алмаз Шпинель
Окрашен- ные	Флюорит Яитарь	Алмаз Гранат <i>Джалмаит</i> Красная шпинель <i>Льюисит</i> Малакон Ортит <i>Перовскит</i> Пикотит <i>Пирохлор</i> <i>Ромеит</i> Сфалерит Цейлонит <i>Эшвегеит</i>

Таблица 16

Бесцветные и белые минералы

N	$< 1,60$	$1,60 - 1,70$	$1,70 - 1,78$	$> 1,78$
Одноосные +	Кварц	<i>Гамлинит</i> <i>Горсейксит</i> Фенакит	<i>Бенитоит (Np)</i> Ксенотим	<i>Бенитоит (Ng)</i> Касситерит Циркон Шеелит
Одноосные —	Берилл Кальцит (<i>Np</i>)	Апатит Кальцит (<i>Ng</i>) Сидерит (<i>Np</i>) Смитсонит (<i>Np</i>) Турмалин	Корунд	Сидерит (<i>Ng</i>) Смитсонит (<i>Ng</i>)
Двуосные +	Альбит	Барит Диопсид Оливин Силлиманит Сподумен Топаз Эвклаз Энстатит	<i>Диаспор</i> Цоизит	Клиноцоизит Монацит Сфен
Двуосные —	Лепидолит Микроклин Мусковит Ортоклаз	Аксинит Андалузит Волластонит Тремолит	Кианит	Бадделеит Фаялит Церуссит

Зеленые и синие

<i>N</i>	< 1,60	1,60—1,70	1,70—1,78	> 1,78
Одноосные +			<i>Бенитоит (Np)</i>	<i>Бенитоит (Ng)</i> Касситерит Циркон
Одноосные —	Берилл	Апатит Смитсонит (<i>Np</i>) Турмалин	Везувиан Корунд (сапфир)	Анатаз Вульфенит Смитсонит (<i>Ng</i>) <i>Штольцит</i>
Двуосные +	Хлорит	Антофиллит Барит Диопсид Оливин Силлиманит Сподумен Топаз Эвклаз Энстатит	Авгит Хризоберилл Цоизит	Азурит Клиноцоизит Моацит
Двуосные —	Биотит Кордиерит Хлорит	Аксиит Актинолит Андалузит <i>Лазулит</i> Малахит (<i>Np</i>) Оливин Роговая обманка	Гиперстен Кианит Эпидот	Малахит (<i>Ng</i>)

Красные, розовые и фиолетовые

<i>N</i>	< 1,6	1,60—1,70	1,70—1,78	> 1,78
Одноосные +	Кварц (амethyst)	Фенакит	Ксенотим	Касситерит Киноварь Рутил Торит Циркон
Одноосные —		Апатит Турмалин	Везувиан Корунд (рубин)	Анатаз Ваиадинт
Двуосные +	Хлорит	Барит	Цоизит (тулит)	Клиноцоизит Моацит Сфен
Двуосные —	Лепидолит	Аксиит Андалузит Волластонит		<i>Реальгар</i>

Желтые и бурые

<i>N</i>	<1,60	1,60—1,70	1,70—1,78	>1,78
Одноосные +		Феиакиит Флоренсит	Бастнезит (<i>Np</i>) Ксенотим	Бастнезит (<i>Ng</i>) Касситерит Рутил Торит Циркон Шеелит
Одноосные —	Берилл	Сидерит (<i>Np</i>) Смитсонит (<i>Np</i>) Турмалин	Везувин Коруид	Анализ Бисмутосфе- рит Ванадинит Вульфенит Сидерит (<i>Ng</i>) Смитсонит (<i>Ng</i>) Штольцит
Двуосные +		Антофиллит Барит Оливин Силлиманит Сподумен Топаз Эвклаз Энстатит	Авгит Диаспор Ставролит Торолит	Аурипигмент Брукит Клиноцоизит Монацит Распит Сфен Трипузит
Двуосные —	Биотит Кордиерит Лепидолит Мусковит	Аксинит Андалузит Биотит Волластонит Оливин Роговая обманка	Гиперстен Ортит Эпидот	Бадделлит Фаялит Церуссит

Для определения показателей преломления прозрачных минералов пользуются иммерсионным методом. Сущность его состоит в следующем: пользуясь набором жидкостей с определенными показателями преломления, с помощью метода Бекке подбирают такие две жидкости, с показателями преломления n_1 и n_2 , чтобы показатель преломления минерала n заключался между ними ($n_1 > n > n_2$).

Двупреломление, или сила двойного лучепреломления, равняется разности $Ng - Np$. При определении двупреломления в препарате с иммерсионной жидкостью необходимо учитывать, что при дроблении минерала часто получаются осколки различной толщины и вследствие этого интерференционная окраска минерала в препарате может сильно отли-

чатся от окраски в шлифе. Поэтому рекомендуется пользоваться очень мелкими осколками (порошком) минерала.

Оптически одноосные и двуосные минералы. К оптически одноосным относятся кристаллы тригональной, тетрагональной и гексагональной сингоний. Эти кристаллы имеют одно изотропное сечение, по которому луч света проходит без разложения.

Оптически двуосные кристаллы, к которым относятся минералы ромбической, моноклинной и триклинной сингоний, имеют два изотропных сечения.

Плеохроизмом называется изменение окраски анизотропных минералов в зависимости от направления хода луча в кристалле, связанное с неодинаковым поглощением света в разных направлениях. В одних случаях наблюдается изменение цвета окраски, в других — только ее интенсивности. Для некоторых минералов (турмалин) плеохроизм отчетливо наблюдается даже при изучении шлихов под биноклем.

Для удобства определения минералов шлихов по их оптическим свойствам составлены табл. 14—19. Непрозрачные и изотропные минералы выделены отдельно в табл. 14 и 15. Анизотропные минералы сгруппированы по окраске в табл. 16, 17, 18, 19. При этом в пределах каждой таблицы минералы расположены по величинам показателей преломления; отдельно выделены одноосные и двуосные, положительные и отрицательные минералы; плеохроичные минералы даны разрядкой, очень редкие минералы — курсивом.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ШЛИХОВОЙ АНАЛИЗ

Точность количественного определения шлиховых минералов зависит, с одной стороны, от правильности отбора шлиховых проб в поле, с другой стороны — от метода лабораторной обработки шлиха. Не касаясь в настоящей работе вопроса полевого шлихового опробования, отметим лишь, что промывка шлихов, предназначенных для количественного анализа, должна проводиться с особой тщательностью и может поручаться только опытным промывальщикам. Неаккуратная промывка в ковшах или лотках часто приводит к потере редких минералов. Если в россыпи присутствует незначительное количество тяжелых минералов, необходимо увеличивать объем промываемой породы для получения достаточного количества шлиха, так как малый вес шлиха отражается на точности анализа и не может полностью охарактеризовать минералогический состав россыпи как в качественном, так и в количественном отношении.

На стр. 25 приведены условные обозначения, принятые для относительной количественной характеристики шлиха в минералогической лаборатории ВИМС. Другие лаборатории пользуются иными обозначениями.

Однако часто ориентировочного количественного подсчета бывает недостаточно для полной характеристики шлиха и приходится прибегать к более точному количественному анализу.

Обычно для количественного определения минерала в шлихе поступают следующим образом. Шлих рассеивают на ситах и, после соответствующей предварительной обработки (зависящей от свойств определяемого минерала), из крупных классов минерал отбирают под биноклем и взвешивают, а в мелких классах определяют его процентное содержание путем подсчета числа зерен минерала, встречающихся среди 800—1000 зерен фракции.

С. Г. Вишняков (1930) при изучении песчаных отложений на основании теории случайных ошибок вычислил, что вероятная ошибка при подсчете 1000 зерен минералов колеблется для отдельных минералов в пределах от 0,07 до 2,00%.

Степень сокращения пробы в процессе анализа зависит: 1) от содержания определяемого минерала в шлихе, 2) от размера зерен шлиха 3) от удельного веса определяемого минерала и 4) от допустимой ошибки или погрешности анализа.

Теоретические расчеты, проведенные А. Ф. Ли (1949), показали, что для шлиха, содержащего 2 кг ценного минерала на тонну, при погрешности анализа в 30% и удельном весе минерала, равном 7, средняя проба для анализа может быть вычислена по формуле:

$$q = 35d^3,$$

где q — вес средней пробы;

d — наибольший диаметр зерен шлиха.

Проверка этой формулы на искусственных смесях минералов показала, что она с успехом может быть использована при количественном анализе шлихов.

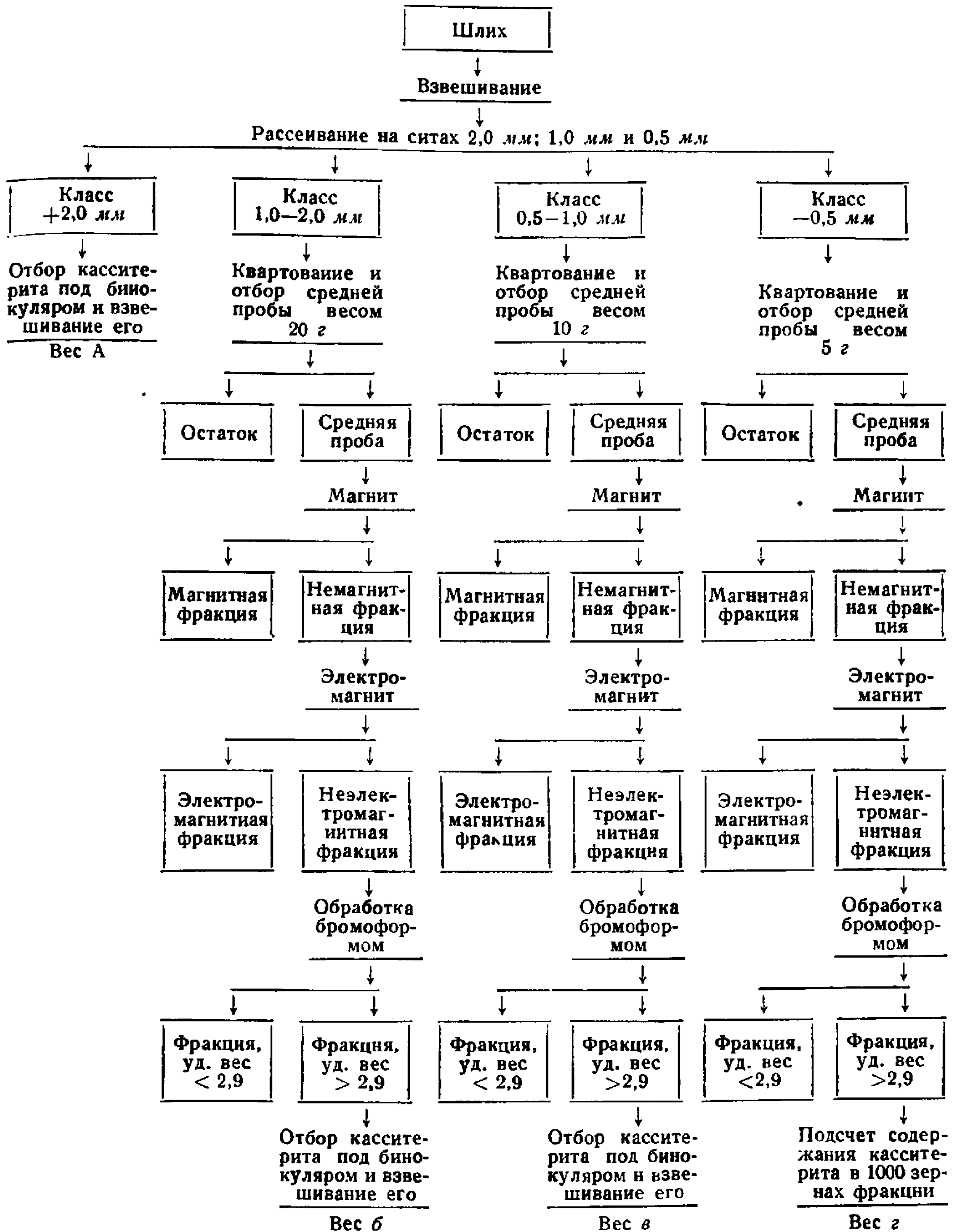
Опыт многолетней работы показал, что иногда при количественном анализе вес средней пробы крупных классов может быть уменьшен. Так, для количественного определения касситерита, циркона и других неэлектромагнитных минералов минералогическая лаборатория ВИМС пользуется следующим методом (рис. 13).

1. Шлих, поступающий в лабораторию, взвешивают, рассеивают на ситах с диаметром отверстий 2,0; 1,0 и 0,5 мм¹ и все полученные классы взвешивают.

2. Весь класс +2,0 мм просматривают под биноклем. Касситерит отбирают и взвешивают. Вес касситерита в классе +2,0 мм обозначается А.

3. Из класса 1,0—2,0 мм квартованием отбирают среднюю пробу весом 20 г, обрабатывают ее магнитом, электромагнитом и тяжелой жидкостью. Из тяжелой неэлектромагнитной фракции касситерит отбирают под биноклем и взвешивают.

¹ Размеры отверстий сит могут быть и другими.



4. Из класса 0,5—1,0 мм отбирают среднюю пробу весом 10 г и обрабатывают ее так же, как и предыдущую. Касситерит отбирают и взвешивают.

Вес касситерита во всем классе 0,5—1,0 мм равен

$$B = \frac{v \cdot v_1}{10},$$

где v — вес касситерита в средней пробе в г;

v_1 — вес класса 0,5—1,0 мм в г;

10 — навеска для анализов в г.

5. Из класса —0,5 мм квартованием отбирают среднюю пробу 5 г, обрабатывают ее магнитом, электромагнитом и тяжелой жидкостью. В тяжелой неэлектромагнитной фракции содержание касситерита определяют подсчетом числа зерен его, встречающихся среди 1000 зерен фракции. Если размеры зерен касситерита и сопровождающих его минералов различны, при подсчете вводят приблизительную поправку.

При вычислении весового процентного содержания касситерита необходимо учитывать удельный вес сопровождающих минералов. Для этого число зерен каждого из присутствующих минералов умножают на удельный вес и, узнав таким образом весовые соотношения минералов, определяют процентное содержание касситерита в тяжелой фракции.

Пример. Фракция содержит 125 зерен касситерита (уд. вес 7), 200 зерен шеелита (уд. вес 6), 280 зерен рутила (уд. вес 4,2) и 395 зерен андалузита (уд. вес 3,2).

Относительный суммарный вес фракции равняется

$$\begin{aligned} w &= 125 \times 7 + 200 \times 6 + 280 \times 4,2 + 395 \times 3,2 = \\ &= 875 + 1200 + 1776 + 1264 = 4515. \end{aligned}$$

Процентное содержание касситерита во фракции

$$z = \frac{875 \times 100}{4515} = 19,4\%.$$

Вес касситерита в классе —0,5 мм равен

$$Г = \frac{z \cdot z_1 \cdot z_2}{5 \cdot 100},$$

где z — содержание касситерита в тяжелой фракции в %;

z_1 — вес тяжелой фракции в г;

z_2 — вес класса —0,5 мм в г;

5 — навеска для анализа в г.

При подсчете зерен в классе —0,5 мм можно пользоваться сетчатыми окулярами А. А. Глаголева (1941).

6. Общий вес касситерита в шлихе определяется путем суммирования веса его в отдельных классах:

$$W = A + B + B + Г.$$

Результаты минералогического анализа, проведенного этим методом, совпадают с химическим определением SnO_2 в шлихе.

Некоторые разности касситерита, содержащие в своем составе железо, электромагнитны. При наличии электромагнитного касситерита общий ход количественного анализа усложняется.

В этом случае приходится отбирать касситерит из электромагнитной фракции.

При подсчете касситерита можно пользоваться обработкой всего шлиха соляной кислотой на цинковой пластинке, но при этом нужно помнить, что кроме касситерита, металлическим налетом на цинке покрываются англезит, вульфенит, церуссит и бисмутит.

Для быстрого ориентировочного количественного определения неэлектромагнитных минералов можно воспользоваться удельным весом неэлектромагнитной части шлиха. Но этот метод дает хорошие результаты лишь при наличии в шлихе одного ценного тяжелого минерала: присутствие других тяжелых минералов понижает точность определения. Однако даже при содержании нескольких тяжелых минералов быстро определяемый удельный вес дает предварительные указания на ценность шлиха и позволяет выделить наиболее интересные образцы для точного анализа. Определение удельного веса производится в бюретке объемом 10—15 мл, как описано на стр. 28.

Для количественного определения в шлихах шеелита, циркона, флюорита, апатита и других люминесцирующих минералов можно пользоваться люминесцентным анализом, описание которого имеется в работе Г. Ф. Комовского и Е. Г. Разумной (1938).

ФОРМА КРИСТАЛЛОВ

Минералы не всегда сохраняют форму кристаллов, но все же сохранившиеся кристаллические очертания очень часто помогают определению их при шлиховом анализе. Наиболее распространенные формы кристаллов изображены на рис. 14—20.

АССОЦИАЦИИ МИНЕРАЛОВ В РОССЫПЯХ И МИНЕРАЛЫ-СПУТНИКИ

Знакомство с геологическим строением района, подвергающегося шлиховому опробованию, обычно значительно облегчает определение минералогического состава шлиха. Разнообразие минералов, присутствующих в шлихах, зависит от характера горных пород, в результате разрушения которых образовалась россыпь.

Хромит, оливин, пикотит связаны с ультраосновными и основными породами. При разрушении сланцев, гнейсов и других метаморфических пород в россыпь попадают: кианит, андалузит, силлиманит, ставролит, сфен, корунд, шпинель. К продуктам разрушения гранитных интрузивов, особенно приконтактной их зоны, приурочены: касситерат, вольфрамит, танталит-колумбит, монацит, ксенотим, циркон.

Парагенезис минералов коренных горных пород, питающих россыпь, обычно определяет возможность нахождения в ней того или иного минерала. Не исключена возможность, что очень

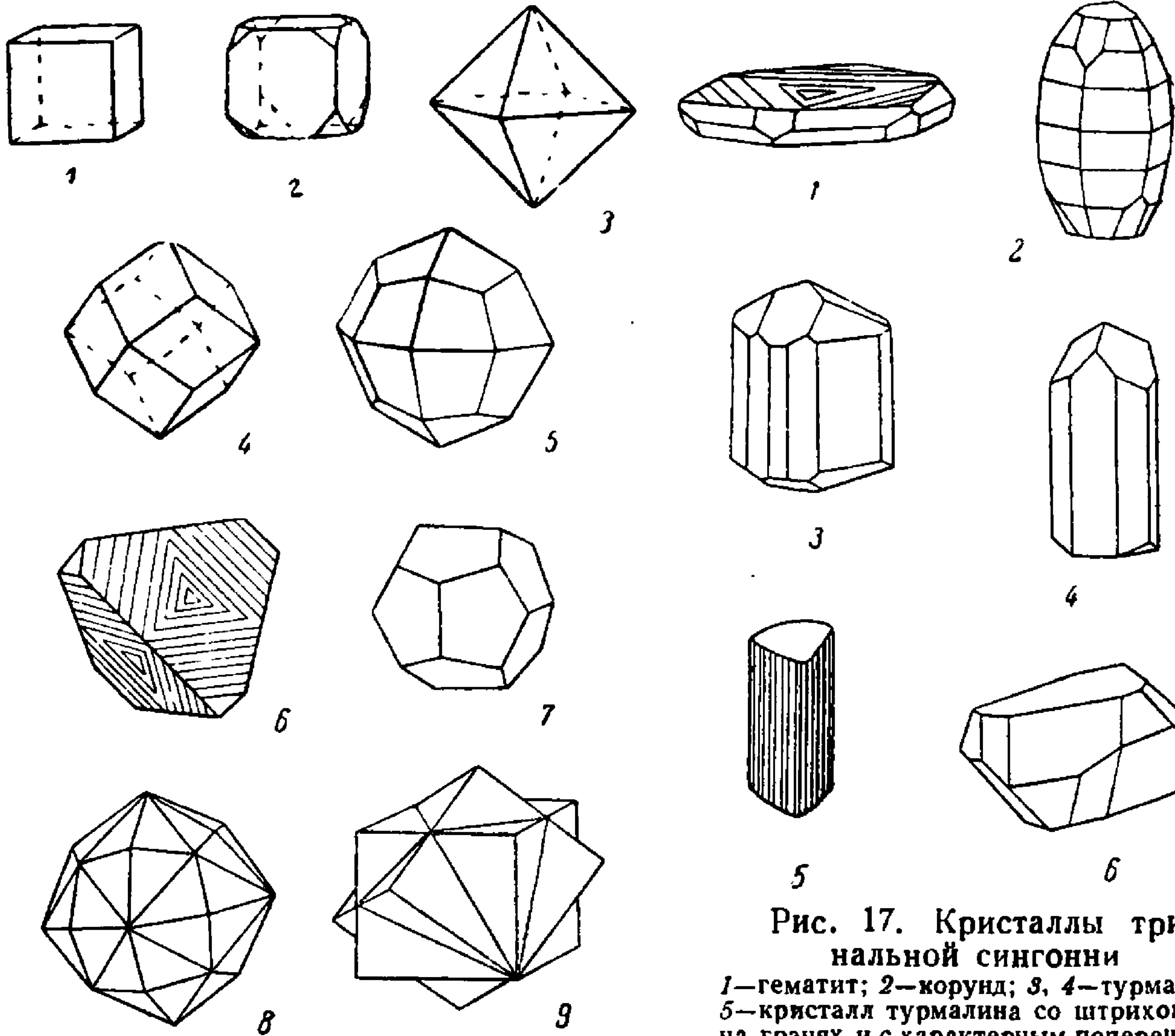


Рис. 14. Кристаллы кубической сингонии

1—куб (пирит, торинанит, галенит, перовскит); 2—кубооктаэдр (галенит); 3—октаэдр (золото), хромит, пикотит, магнетит, шпинель) 4—ромбический додекаэдр (гранат, магнетит, золото); 5—тетрагон-триоктаэдр (гранат); 6—комбинация двух тетраэдров (сфалерит); 7—пентагональный додекаэдр (пирит, гранат); 8—сорокавосьмигранник (алмаз); 9—двойник прорастания куба (пирит, торинанит, флюорит).

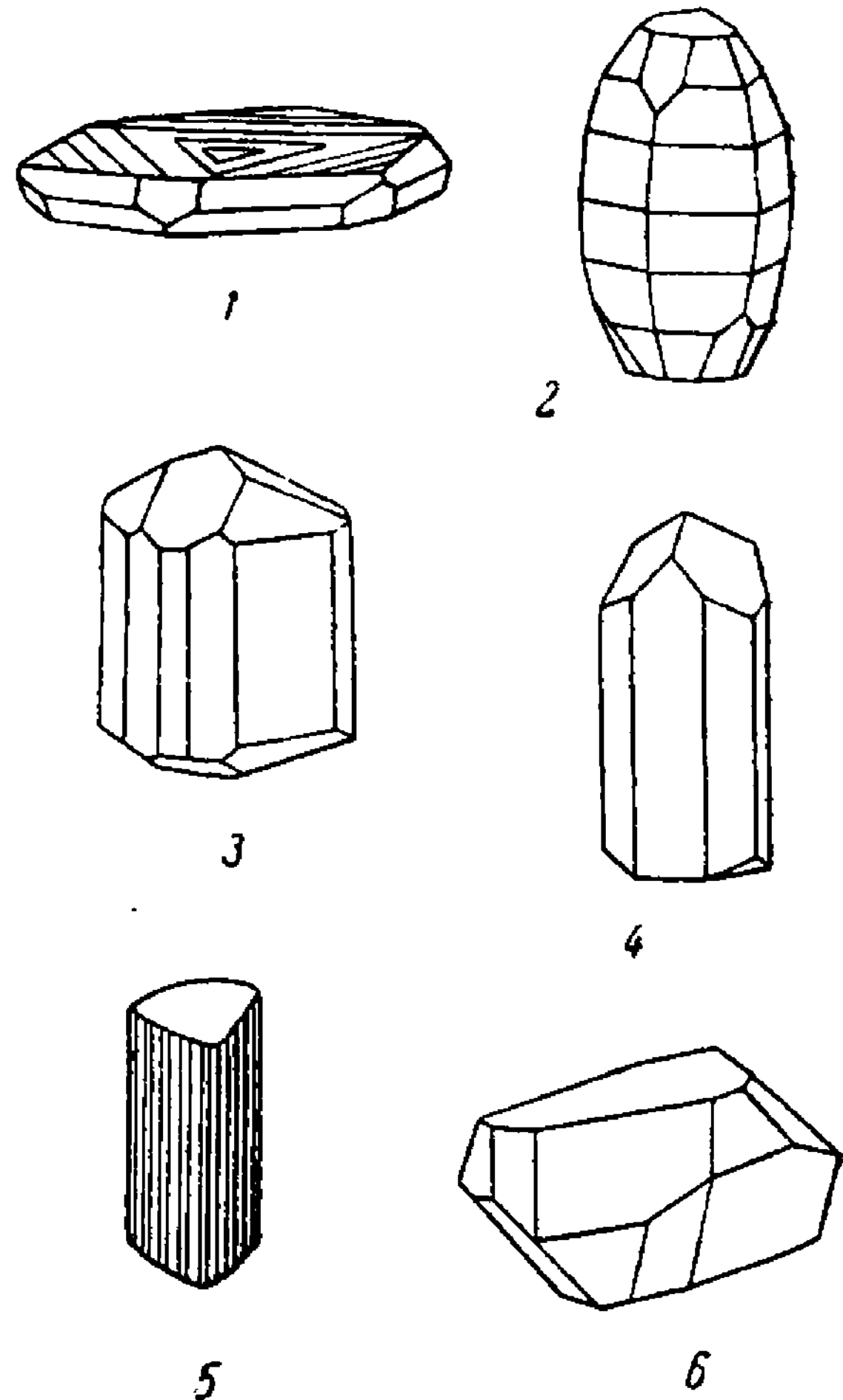


Рис. 17. Кристаллы тригональной сингонии

1—гематит; 2—корунд; 3, 4—турмалин; 5—кристалл турмалина со штриховкой на гранях и с характерным поперечным сечением в виде сферического треугольника; 6—ильменит

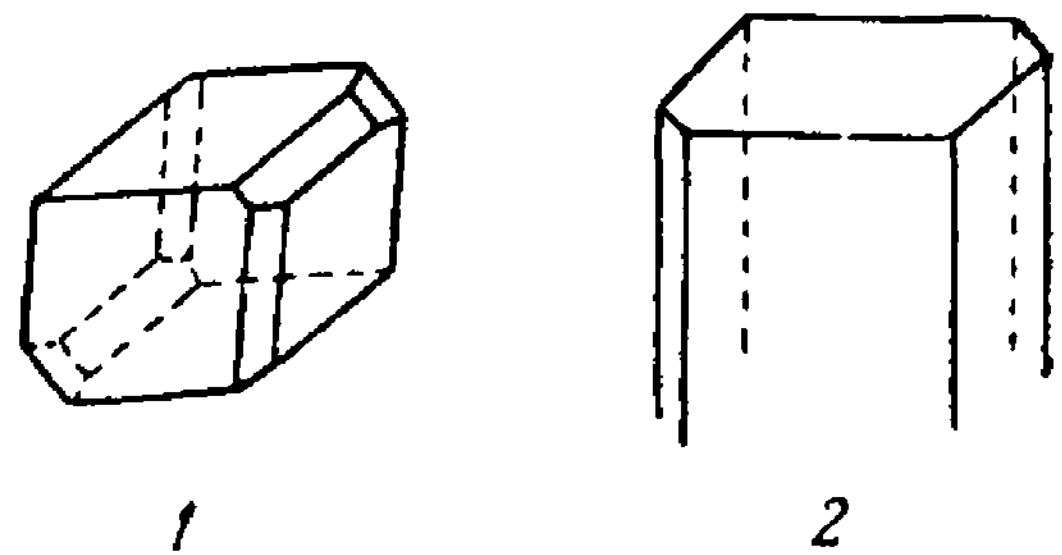


Рис. 20. Кристаллы триклинной сингонии

1—аксинат; 2—кианит

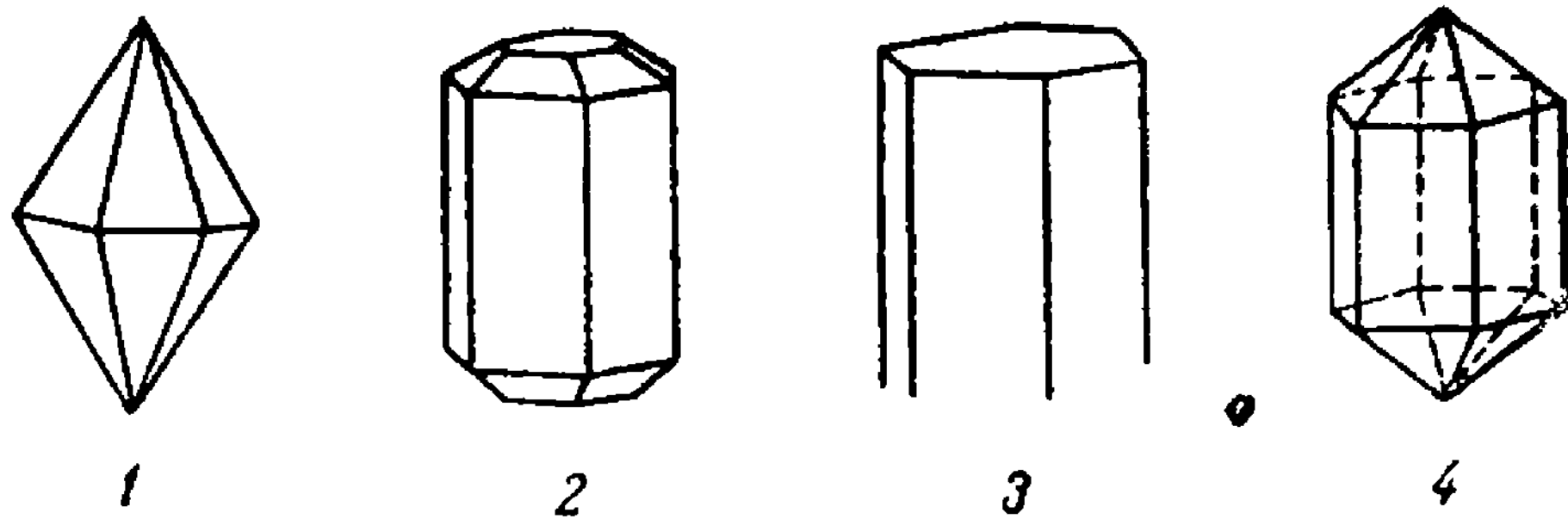


Рис. 16. Кристаллы гексагональной сингонии

1—гексагональная дипирамида (кварц, корунд); 2—комбинация призмы с дипирамидой и пинакоидом (апатит); 3—гексагональная призма (берилл, апатит); 4—комбинация призмы и дипирамиды (кварц)

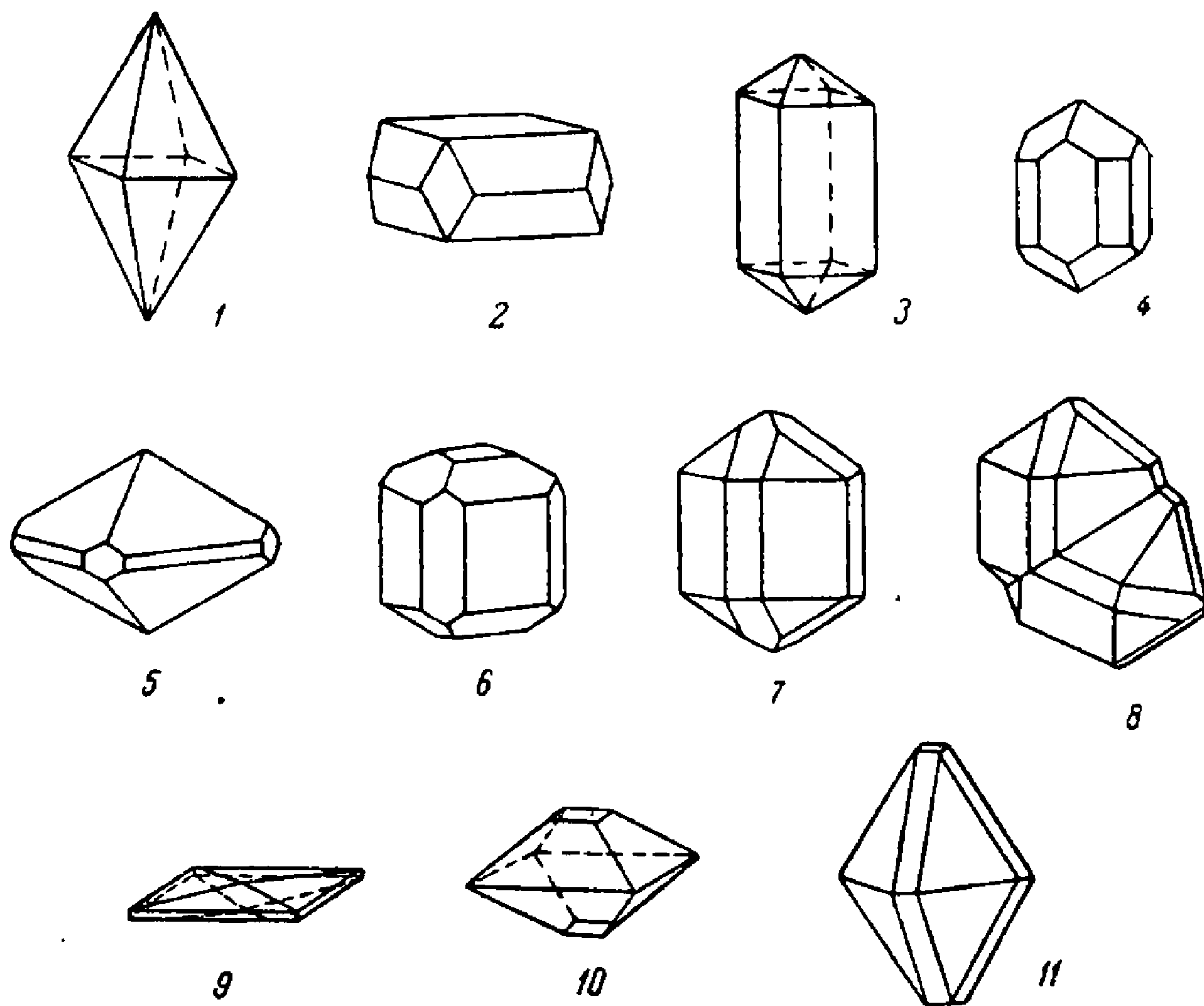


Рис. 15. Кристаллы тетрагональной сингонии

1—тетрагональная дипирамида (анатаз, циркон, ксенотим); 2—анатаз; 3—комбинация тетрагональной призмы с дипирамидой (циркон, брукит); 4—комбинация дипирамиды и двух призм I и II рода (циркон, ксенотим, рутил); 5—комбинация призмы I рода с дипирамидой и призмой II рода (везувиан, циркон); 6—комбинация форм тетрагональной призмы и дипирамиды с пинакоидом (везувиан); 7—комбинация призмы I рода с призмой II рода и с дипирамидами I и II рода (касситерит); 8—двойник касситерита; 9, 10—вульфенит; 11—шеелит

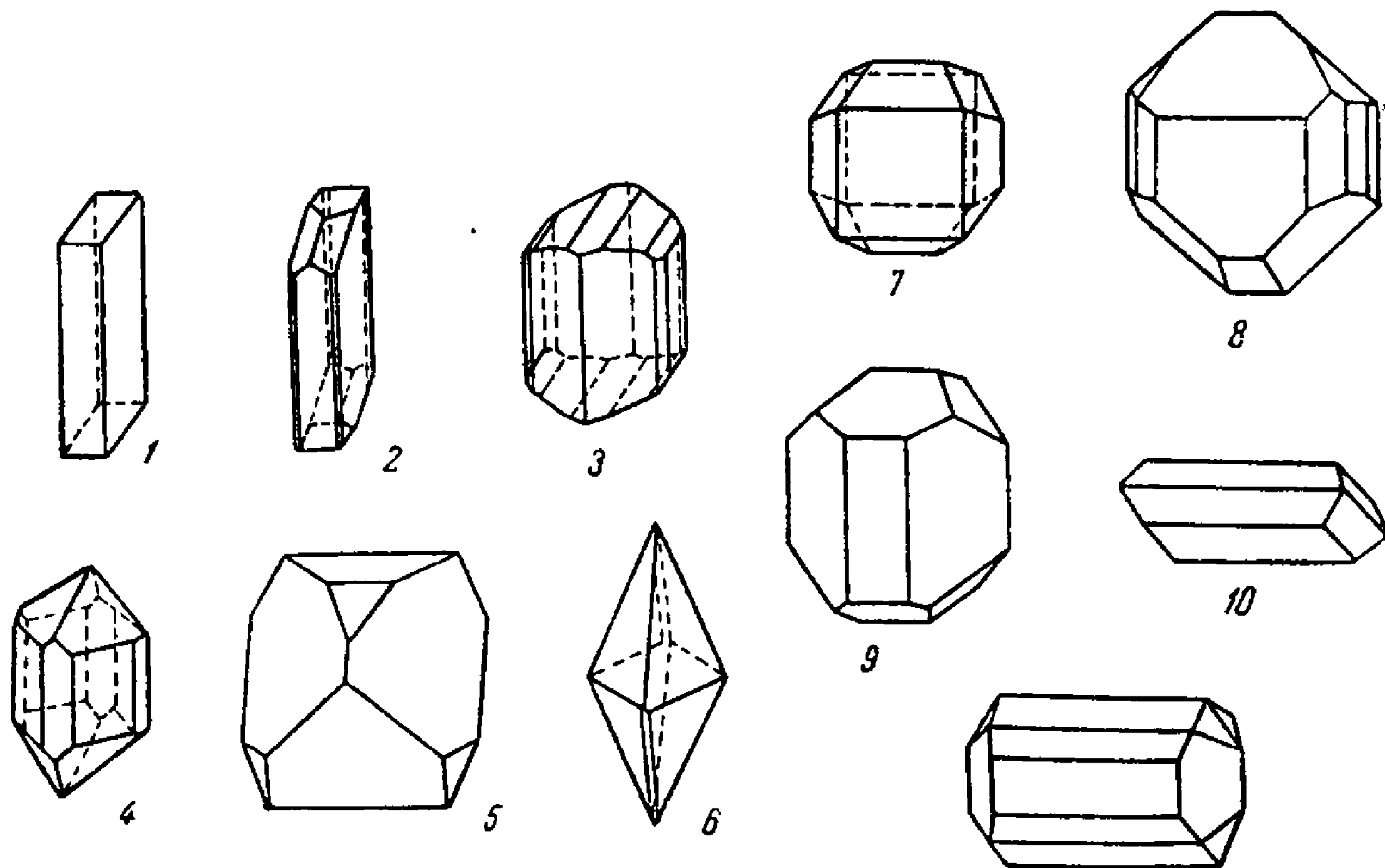


Рис. 19. Кристаллы моноклинной сингонии

1—комбинация призмы и пинакоида (пироксен); 2—пироксен; 3—комбинация призм и пинакоида (гипс, амфибол); 4—пироксен; 5, 6—сфен; 7, 8—монацит; 9—вульфрамит; 10, 11—эпидот

редкие минералы не будут обнаружены при шлиховом опробовании. Поэтому определение другого, более обычного минерала, постоянно сопутствующего редкому, делает поиски последнего более успешными. Такие минералы-спутники или минералы-индикаторы, указывающие на присутствие другого более редкого минерала, можно подобрать почти для всех редко встречающихся минералов.

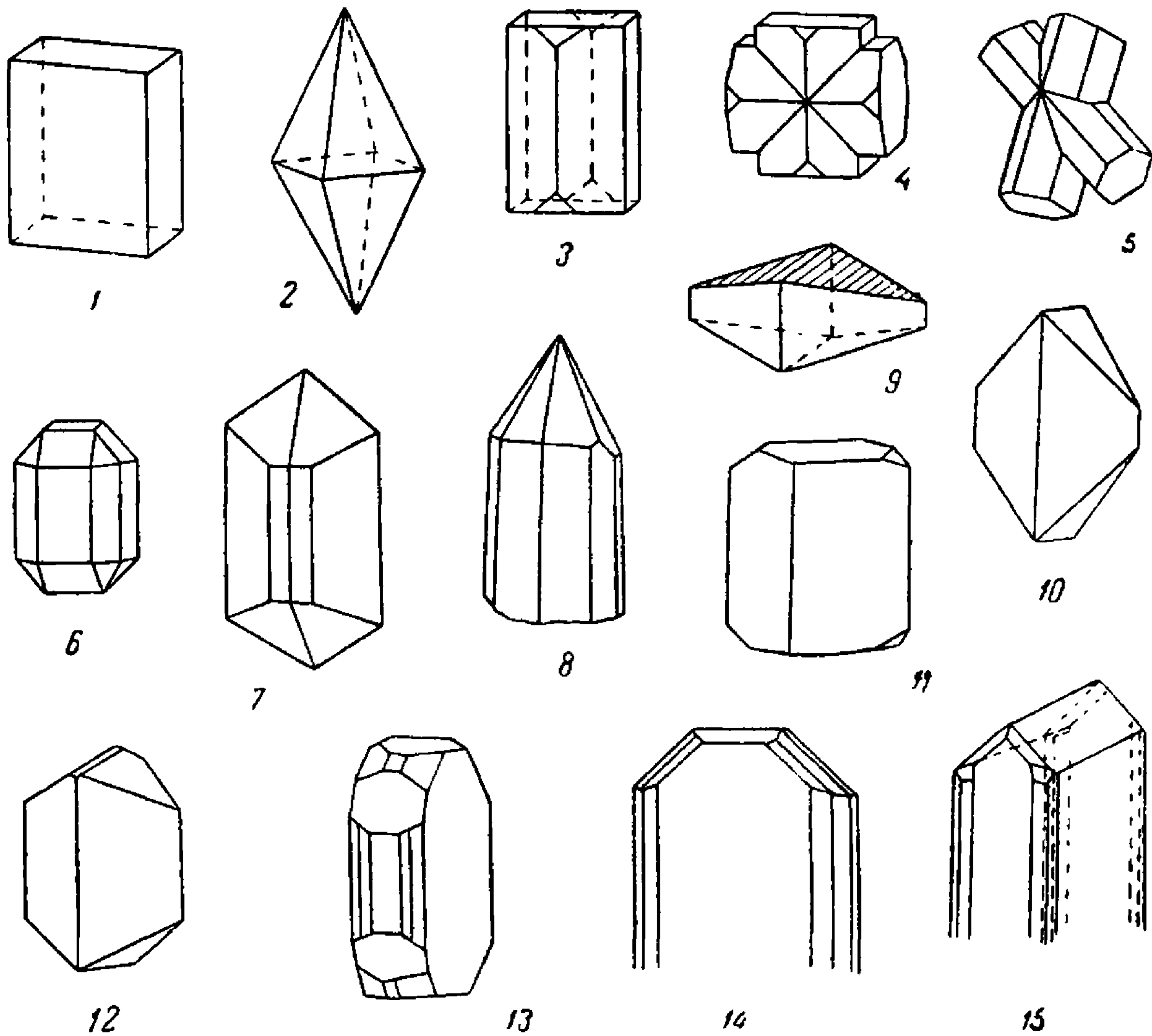


Рис. 18. Кристаллы ромбической сингонии

1—ромбическая призма; 2—ромбическая дипирамида; 3—ставролит; 4, 5—крестообразный двойник ставролита; 6—комбинация призмы, пирамид и пинакоидов (оливин); 7—комбинация призмы и дипирамиды (топаз); 8—топаз; 9, 10—арсенопирит; 11, 12—айдалузит; 13, 14—колумбит-танталит; 15—самарскит

Минерал-спутник не должен быть слишком распространенным, иначе он не будет характеризовать минералогической ассоциации, и не должен быть слишком редким и трудно определяемым. При выборе минерала-спутника необходимо учитывать геологические условия образования россыпи. В элювиальных и делювиальных отложениях, расположенных в непосредственной близости от коренного месторождения, ассоциация минералов будет близка к парагенезису минералов коренных пород.

Устойчивость минералов в россыпях и дальность перемещения их от коренных месторождений зависят от химических и физических свойств этих минералов. Галенит, арсенопирит и

Минералогические ассоциации в россыпях

Минералы	Материнская порода	Сопровождающие минералы
Золото	Кварцевые жилы среди самых разнообразных горных пород Скарны и другие контактово-метаморфические породы Конгломераты Граниты (очень редко) Жилы кальцита (редко)	Кварц (полупрозрачный, молочно-белый или серый) Пирит (часто золотоносный), галенит, сфалерит и другие сульфиды Платина Шпинель, гранат, циркон, монацит, магнетит, ильменит, иногда шеелит, флюорит, касситерит, гессит и другие теллуриды (в зависимости от характера материнских пород)
Платина	Основные и ультраосновные породы: норит, габбро, перидотит, дунит, серпентинит	Магнетит, ильменит, хромит, оливин, пикотит, иридий осмий, корунд, циркон, золото
Алмаз	Кимберлит Перидотит и другие ультраосновные породы Кварцевые конгломераты Кварцево-сланцевые сланцы (итаколумит) Пегматитовые жилы	Хромит, перовскит, диопсид Кварц, золото, платина, циркон, магнетит, рутил, брукит, анатаз Реже турмалин, гранат, корунд, андалузит, касситерит, хризоберилл, топаз
Касситерит	Граниты и связанные с ними жилы: гнейсы Пегматиты Грейзены	Кварц, топаз, турмалин, флюорит, пирит, арсенопирит, сфалерит, молибденит, вольфрамит, шеелит, апатит, лепидолит
Колумбит-танталит	Пегматитовые жилы Граниты	Касситерит, вольфрамит, берилл, ильменит, магнетит, рутил, гранат, турмалин, сподумен, лепидолит, самарскит и другие тантало-ниобаты Иногда циркон и ксенотим
Вольфрамит	Граниты Пегматитовые жилы (редко) Скарны Кварцевые жилы	Касситерит, шеелит, пирит, молибденит, галенит, колумбит-танталит, топаз, турмалин, апатит, флюорит Шеелит, касситерит, магнетит
Шеелит	Пегматитовые и рудные жилы в гранитах и гнейсах Контактово-метаморфические породы (скарны)	Лимонит, турмалин, касситерит, топаз, флюорит, апатит, молибденит, вольфрамит, золото Халькопирит, гранаты, пироксены, амфиболы, железный блеск, розовый ортоклаз, везувиан, молибденит, касситерит
Монацит	Граниты, гнейсы, аплиты, пегматиты	Ильменит, магнетит, рутил, гранат, турмалин, ставролит, ксенотим, кианит, силлиманит, золото, алмаз
Корунд, рубин, сапфир	Кристаллические известняки и доломиты Граниты, гнейсы, слюдяные сланцы, хлоритовые сланцы	Турмалин, шпинель, аметист, топаз, берилл, магнетит, гематит, андалузит, кианит, силлиманит, диаспор, гранат, циркон, слюда, хлориты

другие сульфиды попадая в россыпь, легко окисляются и подвергаются химическому разрушению. Танталит—колумбит, вольфрамит и некоторые другие минералы обладают достаточно высокой химической устойчивостью, но весьма хрупки, быстро измельчаются, истираются и уносятся с глинистым материалом.

Кроме того устойчивость минералов в россыпях зависит также от климатических условий, скорости эрозионного процесса и геоморфологических особенностей района.

По мере удаления от питающих россыпь выходов коренных пород ассоциация минералов в ней постепенно изменяется, так как более легкие минералы отделяются от тяжелых, легко разрушающиеся — исчезают и т. д.

Выбор минерала-спутника может быть сделан только после предварительного изучения достаточно большого количества шлихов, характеризующих минералогический состав россыпи.

Так, для платины и металлов платиновой группы спутниками обычно являются хромит, пикотит и оливин; топаз и лепидолит часто бывают спутниками касситерита.

В табл. 20 приведены наиболее ценные полезные ископаемые россыпей с указанием возможных материнских пород и сопровождающих минералов. При шлиховом опробовании района и изучении распространения того или иного минерала среди сопровождающих минералов выбирают один или несколько минералов-спутников, которые могут изменяться в зависимости от условий образования россыпи.

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ (описание по фракциям)

Описание минералов, разделенных в процессе обработки шлиха на фракции, сведено в табл. 21—26. Во всех таблицах минералы располагаются в порядке относительной распространенности их в шлихах. Часто встречающиеся минералы находятся в начале таблицы. Некоторые минералы, имеющие непостоянный химический состав обладают непостоянными физическими свойствами и поэтому помещены в нескольких таблицах.

В легкую фракцию (табл. 21), содержащую минералы с удельным весом меньше 2,9, из ценных минералов попадают лишь берилл и янтарь. Обычно здесь присутствуют кварц, полевые шпаты и слюды.

Магнитная фракция (табл. 22), как правило, не содержит ценных минералов, за исключением редко встречающейся магнитной платины. Минералы электромагнитной фракции в процессе дальнейшей сепарации шлиха делятся на средне и слабо магнитные, которые в свою очередь под бинокуляром легко делятся на непрозрачные и прозрачные. Краткая характеристика непрозрачных минералов электромагнитной фракции приведена в табл. 23.

Минералы легкой фракции (уд. веса <2,9)

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Кварц SiO_2	Бесцветный, белый, желтоватый, розовый, бурый, зеленоватый	2,65	Наиболее распространенный минерал россыпей. Встречается повсеместно в виде кристаллов призматического и пирамидального облика или в неправильных окатанных зернах
Полевые шпаты—алюмосиликаты К, Na, Са и реже Ва	Белый, желтоватый, розовый, красноватый, зеленоватый	2,5—2,9	Весьма распространенные минералы россыпей. Встречаются в зернах, сохраняющих признаки хорошей спайности, или в неправильных окатанных зернах
Слюды (мусковит, биотит)—алюмосиликаты сложного состава	Бесцветный, бурый, зеленоватый, черный	2,7—3,1	Пластинчатые шестигранные кристаллы с весьма совершенной спайностью по (001). Часто тонкие пластинки с неровными зазубренными краями. Иногда в результате совершенной спайности пластинки несколько расщепляются и имеют вид полураскрытой книги
Кальцит CaCO_3	Бесцветный, белый, желтоватый, красноватый, буроватый	2,6—2,8	Неправильные зерна, реже кристаллы. Благодаря малой твердости и легкой растворимости быстро разрушается
Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	Зеленый, желтый, бесцветный	2,6—2,9	Окатанные шестигранные призматические кристаллы или округлые зерна. Часто на гранях призмы сохраняется вертикальная штриховка
Хлориты (клинохлор, пеннин)	Зеленый, розовый, фиолетовый	2,6—2,85	Гибкие слюдоподобные пластинки и чешуйки, окрашенные обычно в зеленый цвет, с перламутровым блеском
Корднерит $\text{Al}_3(\text{Mg,Fe})_2[\text{Si}_5\text{AlO}_{18}]$	Голубой, серый, зеленоватый, желтоватый	2,60—2,66	Обычно в бледноокрашенных, полуразрушенных окатанных зернах, иногда в ромбоэдрах. Часто содержит включения других минералов. Иногда наблюдается сильный плеохронзм. Легко разрушается и в шлихах встречается редко
Янтарь $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	Желтый, бурый	1,07	Округлые, исцарапанные с поверхности зерна. Из-за малого удельного веса обычно в шлихи не попадает. По яркой желтой окраске легко обнаруживается при промывке песков

Минералы магнитной фракции

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Магнетит (титаномагнетит) $Fe Fe_2O_4$	Черный	5,16—5,18	Встречается в виде октаэдров со штриховкой на гранях или в виде окатанных зерен неправильной формы. Иногда с поверхности покрывается бурым налетом лимонита. Титаномагнетит после сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti
Пирротин $Fe_n S_{n+1}$	Бронзово-желтый	4,58—4,70	Встречается в шлихах очень редко в виде неправильных зерен
Поликсен (магнитная платина) (Pt, Fe)	Серебряно-белый, стально-серый	14—19	Окатанные сплюснутые или округлые зерна, также неправильные древовидные образования. Иногда с поверхности покрывается бурыми налетами окислов железа
Железо Fe	Стально-серый, железно-черный	7,0—7,8	Самородное железо встречается в россыпях исключительно редко. В магнитной фракции часто присутствуют неправильные обломки и стружки железа, попадающие в шлих от лопаты или другого оборудования

Определение черных непрозрачных минералов часто представляет большие трудности. Особенно трудно бывает отличить колумбит—танталит и другие тангало-ниобаты от вольфрамиты и ильменита, когда они присутствуют в мелких зернах и не сохраняют кристаллических форм. Наиболее надежным методом для определения этих минералов является пленочная реакция с пиросульфатом калия. Уранинит обычно встречается в немагнитной фракции, но изредка наблюдаются слабо магнитные разновидности уранинита.

Прозрачные минералы электромагнитной фракции сведены в табл. 24. Они определяются главным образом по оптическим свойствам. Среди этих минералов практический интерес обычно представляют монацит, ксенотим, ортит, пирохлор и сфалерит.

Непрозрачные минералы электромагнитной фракции

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Лимонит $n\text{FeO}_2 \cdot aq$	Бурый, охристый-желтый	3,3—4,0	Неправильные или округлые зерна; часто псевдоморфозы по пириту, магнетиту и гематиту. Легко растворяется в HCl с образованием желтого раствора
Ильменит FeTiO_3	Черный	4,5—5,0	Неправильные округлые или угловатые зерна, иногда шестиугольные пластинки со скошенными краями. После сплавления с $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ дает реакцию на Ti
Гематит Fe_2O_3	Стально-серый, иногда красноватый	4,9—5,3	Неправильные зерна; плоские пластинки, иногда с пересекающейся штриховкой. Растворяется при нагревании в концентрированной HCl . От ильменита и вольфрамита отличается отсутствием реакции на Ti и W
Вольфрамит $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$ Ферберит FeWO_4	Черный буровато-черный. Иногда просвечивает	6,7—7,5	Таблитчатые кристаллы с совершенной спайностью по (010) или неправильные, иногда призматические зерна. Обычно обладает характерными красноватыми внутренними рефлексами. Сплав минерала с содой и селитрой окрашен в зеленый цвет (Mn). После растворения сплава дает реакцию на W
Хромит FeCr_2O_4	Черный, буровато-черный	4,1—4,9	Октаэдры, иногда окатанные. Грани обычно неровные, с углублениями. Неправильные зерна. После сплавления с содой дает реакцию на Cr
Пикотит (Mg, Fe) $(\text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe})_2\text{O}_4$	Зеленовато-бурый, бурый	4,10	По внешнему виду сходен с хромитом. Дает реакцию на Cr
Пиролозит MnO_2 Псиломелан $m\text{MnO} \cdot$ $\cdot \text{MnO}_2 \cdot$ $\cdot n\text{H}_2\text{O}$	Черный, стально-серый	4,7—5,0	Землистые, скрытокристаллические агрегаты; неправильные зерна. Хрупкие. Растворяются в HCl с выделением хлора. Дают реакцию на Mn . В шлихах встречаются редко
Танталит—колумбит (Fe, Mn) $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$	Серовато-черный, буровато-черный	5,15—8,20	Призматические или тонкотаблитчатые кристаллы, иногда оканчивающиеся остроконечной пирамидой. Часто сростки таблитчатых кристаллов. Неправильные зерна. После обработки расплавленным $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ покрывается голубовато-серой пленкой. Дает реакцию с таиниом. Редкий. Связан главным образом с пегматитами

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Тантало- ниобаты сложного состава: Самарскит Фергюсонит Бломстран- дин Поликлаз- эксенит Эшинит Ампангабеит	Черный, бурый		Обычно неправильные зерна, реже кристаллы. Дают пленочную реакцию с $K_2S_2O_7$ и реакцию с таннином на Та и Nb. В шлихах встречаются очень редко.
Браннерит (U, Ca, Fe...) $Ti_2O_6?$	Черный	4,5 - 5,43	Округлые зерна или призматические кристаллы. Очень редкий
Гадолинит $Y_2Fe \cdot Be_2$ Si_2O_{10}	Буровато- черный, зеленовато- бурий	4,0 - 4,65	Тонкопризматические, слегка окатанные кристаллы. Очень редкий
Уранинит UO_2	Черный	10,3-- 10,6	Слегка окатанные кубические кристаллы. Очень редкий

Три минерала этой фракции — монацит, сфен и ставролит — по внешнему виду часто имеют большое сходство. Их различают по удельному весу и по химическим реакциям на Ti и P.

Минералы тяжелой немагнитной фракции под биноклем разделяют на две группы: непрозрачные и прозрачные. Непрозрачные минералы этой фракции приведены в табл. 25.

Это преимущественно сульфиды и самородные металлы. Все сульфиды легко разрушаются и поэтому могут обнаруживаться в шлихах лишь вблизи коренных месторождений.

Из группы самородных металлов висмут, свинец и цинк встречаются исключительно редко.

В эту же фракцию попадают изредка встречающиеся в шлихах телуриды серебра и золота (гессит и петцит), карбонат висмута (бисмутит) и другие редкие минералы. Гюбнерит обычно содержит незначительные примеси железа и попадает в слабо магнитную фракцию, но иногда присутствует среди немагнитных минералов. Для определения этих минералов обычно пользуются химическими реакциями.

Прозрачные минералы тяжелой немагнитной фракции, приведенные в табл. 26, определяются главным образом по их оптическим свойствам (стр. 62).

Подробное описание всех минералов, встречающихся в шлихах, дано в следующей главе.

Прозрачные минералы электромагнитной фракции

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Изотропные			
Гранаты $A_3B_2(SiO_4)_3$, где $A = Mg, Fe^{2+}, Mn, Ca$; $B = Al, Fe^{3+}, Cr^{3+},$ Mn^{3+}, Ti	Красный, бурый, желтый, зеленый, черный	3,3—4,3	Додекаэдры, трапецоэд- ры или комбинации тех и других; реже неправиль- ные зерна с раковистым изломом
Пирохлор $(Na, Ca...)_2(Nb, Ti...)_2O_6 \cdot$ (F, OH)	Темнобу- рый, крас- новатый, зеленова- тый	4,03—4,36	Мелкие октаэдры или неправильные зерна. Очень редкий
Шпинель $MgAl_2O_4$	Бурый, тем- нозеленый	3,5—4,1	Окатанные октаэдры, ре- же неправильные зерна
Сфалерит (марматит) ZnS	Темнобу- рый, чер- ный	3,5—4,2	Неправильные зерна с ясно выраженной спайно- стью и жирным блеском. Реже встречаются кристал- лы в виде тетраэдров с характерной штриховкой граней. Растворяется в HNO_3 и HCl с выделени- ем H_2S . В шлихах встре- чается редко
Анизотропные			
Амфиболы: Актинолит Антофиллит Роговая обманка	Зеленый, бу- рый, чер- ный	2,8—3,6	Удлиненные призматиче- ские зерна с ясно выра- женной спайностью по уд- линению; иногда непра- вильные окатанные зерна. При раздавливании зерно дробится на мелкие иго- лочки
Пироксены: Авгит Гиперстен Диопсид	Зеленый, бу- рый, чер- ный	3,1—3,8	По внешнему виду сход- ны с амфиболами, но спай- ность по удлинению выра- жена менее отчетливо. При раздавливании иголь- чатых осколков не обра- зует

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Биотит $K (Mg, Fe)_3 [Si_3AlO_{10}] \cdot [OH, F]_2$	Бурый, черный	2,7—3,1	Пластинчатые кристаллы с весьма совершенной спайностью по базопинакоиду (001). При надавливании иглой расщепляется по спайности на более тонкие пластинки
Турмалин $(Na, Ca) (Mg, Al)_6 [Si_6Al_3B_3 (O, OH)_{30}]$	Бурый, темнозеленый, черный, иногда темносиний	3,0—3,2	Удлиненные кристаллы, часто с ясно выраженной тригональной призмой, иногда оканчивающейся гранями ромбоэдра. Поперечное сечение призмы часто имеет форму сферического треугольника. На гранях призмы обычна вертикальная штриховка. Иногда обладает настолько сильным плеохроизмом, что его легко наблюдать под биноклем
Ставролит $Fe \cdot Al_4 [SiO_4]_2 O_2 [OH]_2$	Бурый	3,65—3,77	Призматические ромбические кристаллы, полукатаинные зерна. Часто крестовидные двойники. Поверхность зерен обычно неровная, изъеденная. Почти постоянно содержит включения слюды, углестого вещества, рутила и других минералов
Сфен $CaTi [SiO_4]O$	Бурый	3,29—3,56	Неправильные зерна; часто уплощенные кристаллы, напоминающие тетрагональную бипирамиду (в форме конверта). Сильный алмазный блеск. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti
Оливин $(Mg, Fe)_2 SiO_4$	Зеленый, буроватый	3,0—3,5	Призматические или окатаинные зерна, часто полуразрушенные. В шлихах встречается редко, лишь около коренных месторождений

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Эпидот $\text{Ca}_2 (\text{Al}, \text{Fe})_3 \text{Si}_3 \text{O}_{12} [\text{OH}]$	Зеленый, бурый	3,35—3,38	Неправильные угловатые зерна, иногда окатанные
Ортит $(\text{Ca}, \text{Ce})_2 (\text{Al}, \text{Fe})_3 \text{Si}_3 \text{O}_{12} \cdot [\text{O}, \text{OH}]$	Бурый, черный	3,0—4,2	Таблитчатые или призматические кристаллы. Часто неправильные окатанные зерна
Монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Dy}) \text{PO}_4$	Желтый, красно-бурый, бурый	4,9—5,5	Обычные округлые зерна; изредка сохраняются таблитчатые кристаллы. После сплавления с КОН дает реакцию на Р
Ксенотим YPO_4	Желтый, бурый, розовый, белый	4,4—4,6	Тетрагональные бипирамиды или удлиненные призматические кристаллы, сходные по виду с цирконом. Окатанные зерна. После сплавления с КОН дает реакцию на Р
Аксинит $\text{Ca}_2 (\text{Mn}, \text{Fe}) \text{Al}_2 \text{BSi}_4 \text{O}_{15} \cdot [\text{OH}]$	Бурый	3,25—3,30	Неправильные или округлые зерна. В шлихах встречается редко
Андалузит (виридин) $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] \text{O}$	Бурый, темнозеленый	3,1—3,2	Неправильные окатанные или угловатые зерна, часто окатанные призматические кристаллы. Иногда содержат большое количество включений слюды и других минералов
Везувин $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_2 [\text{OH}]_4$	Бурый, зеленый	3,34—3,44	Призматические или неправильные окатанные зерна. Обычно немагнитный, лишь изредка обладает слабыми магнитными свойствами

Неэлектромагнитные непрозрачные минералы

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Пирит FeS_2	Латуни- желтый	4,9—5,2	Кубы или пентагон-додекаэдры (пиритоэдры) со штриховкой на гранях. Неправильные зерна. С поверхности часто покрыты бурыми налетами лимонита. Растворяется в HNO_3
Арсенопирит FeAsS	Серебряно- белый, стально-се- рый	5,9—6,2	Пластинчатые кристаллы или вытянутые скошеинные ромбоэдры с поперечной штриховкой. Часто неправильные зерна. Иногда с поверхности покрывается черным налетом, затрудняющим определение. Растворяется в HNO_3 , раствор дает реакцию на As
Галенит PbS	Свинцово- серый	7,4—7,6	Прямоугольные пластинки, мелкие кубы или зерна с характерной ступенчатой поверхностью, образующейся вследствие совершенной спайности по кубу. Иногда с поверхности покрыт налетом церуссита. Растворяется в HNO_3 , раствор дает реакцию на Pb
Молибденит MoS_2	Свинцово- серый	4,7—4,8	Шестиугольные пластинки или чешуйки неправильной формы с весьма совершенной спайностью. Растворяется в HNO_3 , раствор дает реакцию на Mo
Антимонит Sb_2S_3	Свинцово- серый	4,5—4,6	Мелкие шестоватые или слутанивоволокнистые агрегаты, реже образует неправильные зерна. После растворения в HNO_3 и HCl дает реакцию на Sb
Висмутин Bi_2S_3	Свинцово- серый, оло- вянно-бе- лый	6,4—6,6	Шестоватые или волокнистые агрегаты. После растворения в кислотах дает реакцию на Bi

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Киноварь HgS	Красный. Просвечивает в тонких краях	8,0—8,2	Неправильные окатанные, иногда округлые зерна с характерным алмазным блеском. В кислотах не растворяется. Растворяется в царской водке и смеси HCl с H_2O_2 . При соприкосновении зерна минерала с раскаленным шариком соды выделяет металлическую ртуть
Кобальтин CoAsS	Серебряно-белый, стально-серый	6,1—6,3	Неправильные зерна. Растворяется в HNO_3 , раствор дает реакцию на As и Co
Халькозин Cu_2S	Свинцово-серый	5,5—5,8	Неправильные зерна с матовым блеском. Часто с поверхности покрывается зелеными налетами малахита. После растворения в HNO_3 дает реакцию на Cu
Халькопирит CuFeS_2	Латунно-желтый	4,1—4,3	Неправильные зерна. Дает реакцию на Cu
Золото Au	Золотисто-желтый	15,6—19,3	Неправильные окатанные зерна и тонкие пластинки. Часто в форме дендритов. Отличается малой твердостью, при надавливании иглой остается след
Платина Pt	Светлосерый	14,0—19,0	Окатанные, сплюснутые зерна или шарики. Растворяется только в царской водке
Осмистый иридий Ir, Os	Оловянно-серый	19,3—21,1	Неправильные плоские зерна, иногда с заметной штриховкой на гранях. Не растворяется даже в царской водке. Очень редкий
Палладий Pd	Серебряно-белый, стально-серый	10,84—11,97	Неправильные зерна
Сперрилит PtAs_2	Оловянно-белый	10,5—10,7	Мелкие кубические кристаллы

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Палладий-антимонид Pd_3Sb	Серебряно-белый, стально-серый	9,5	Неправильные зерна. Очень редкий
Серебро Ag	Серебряно-белый	10,1—11,1	Неправильные зерна и пластинки. Легко растворяется в HNO_3 , раствор дает реакцию на Ag
Висмут Bi	Серебряно-белый	9,8	Встречается лишь в виде включений в бисмутите
Медь Cu	Медно-красный	8,5—8,9	Окатанные неправильные пластинки или древовидные образования. В HCl не растворяется, но растворяется в HNO_3 . Дает реакцию на Cu
Олово Sn	Серый	6,97—7,37	Мелкие пластинки и округлые зерна. Растворяется в HCl , но не растворяется в HNO_3 . Дает реакцию на Sn
Свинец Pb	Свинцово-серый	11,4—13,3	Тонкие неправильные пластинки и мелкие округлые зерна, легко сплюсывающиеся при надавливании
Цинк Zn	Серовато-белый	6,9—7,2	Неправильные зерна
Гессит Ag_2Te	Свинцово-серый, железно-черный	8,24—8,45	Бесформенные зерна и искривленные кристаллы. Часто имеет вид тусклого черного шлака. Дает реакцию на Ag и Te
Петцит $(Ag, Au)_2Te$	Стально-серый, железно-черный	8,7—9,2	Бесформенные окатанные зерна, покрытые с поверхности тусклым черным налетом. Дает реакцию на Au , Ag и Te

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Бисмутит $\text{Bi}_2 [\text{CO}_3] [\text{OH}]_4$	Серый, грязно-зеленый, желтый. В толстых краях просвечивает	7,0—7,4	Шестоватые или неправильные окатанные зерна с матовым блеском. В центре зерен иногда сохраняются серые включения сернистого или самородного висмута. С поверхности часто наблюдается тонкий черный налет. В кислотах растворяется с выделением CO_2 . Дает реакцию на Bi
Браунит $\text{Mn} \cdot \text{Mn} \cdot \text{O}_3$	Буровато-черный	4,75—5,04	Неправильные зерна. Растворяется в HCl с выделением хлора
Гюбнерит MnWO_4	Бурый	6,7—7,5	Таблитчатые кристаллы с совершенной спайностью по (010) или неправильные, иногда призматические, зерна. Обычно обладает характерными красноватыми внутренними рефлексами. Сплав с содой и селитрой окрашен в зеленый цвет (Mn). После растворения сплава дает реакцию на W
Лейкоксен $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Белый, желтоватый, бурый	3,5—4,5	Округлые фарфоровидные зерна. Иногда встречается в виде пленки на поверхности ильменита
Ампагабейт $(\text{Y}, \text{Er}, \text{U}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca}, \text{Th})_2 \cdot (\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_7 \text{O}_{18}?$	Светлобурый	3,35—3,75	Неправильные зерна, иногда покрытые с поверхности зеленовато-серым налетом. Очень редкий
Торианит $(\text{Th}, \text{U}) \text{O}_2$	Черный	8,97—9,33	Слегка окатанные кубы, реже неправильные зерна. Очень редкий
Уранинит UO_2	Черный	6,6—10,6	Сходен с торрианитом
Карбонадо (алмаз) C	Черный	3,2—3,52	Неправильные зерна или кристаллы кубической сингонии. Очень редкий
Лаурит RuS_2	Железнодорожный	6,99	Мелкие октаэдры или неправильные зерна. Очень редкий

Прозрачные минералы тяжелой неэлектромагнитной фракции

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
И з о т р о п н ы е			
Флюорит CaF_2	Фиолетовый, зеленый, желтый, бесцветный	3,18—3,2	Неправильные зерна, сохраняющие иногда следы формы куба или октаэдра. Окраска часто распределяется неравномерно в виде неправильных пятен на бесцветном фоне минерала
Шпинель MgAl_2O_4	Красный, голубой, зеленый, бурый, бесцветный	3,5—4,1	Обычно окатанные октаэдры, неправильные зерна встречаются редко. Блеск стеклянный, матовый
Алмаз C	Бесцветный, реже бледноокрашенный	3,2—3,5	Октаэдры или более сложные формы кубической сингонии; гранн часто изогнутые. Реже окатанные кристаллы
Гранат $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$, где A=Ca, Mg, Fe ²⁺ , Mn ²⁺ ; B=Al, Fe ³⁺ , Cr ³⁺ , Mn ³⁺ , Ti	Бесцветный или бледноокрашенный	3,3—4,3	Додекаэдры, трапецоэдры или комбинации того и другого; реже неправильные зерна с раковистым изломом. Обычно присутствует в электромагнитной фракции
Сфалерит ZnS	Бурый, желтый, красный, зеленый	3,5—4,2	Неправильные зерна с ясно выраженной спайностью и жирным блеском. Реже встречаются кристаллы в виде тетраэдров с характерной штриховкой граней. Растворяется в HNO_3 и HCl с выделением H_2S . Дает реакцию на Zn
Джалмаит (U, Ca, Pb, Bi, Fe)· (Ta, Nb, Ti, Zr) ₃ O ₉ ·nH ₂ O	Бурый	5,75—5,88	Мелкие октаэдры или неправильные зерна. Очень редкий
Льюнзит (Ca, Na, Fe) ₂ (Sb, Ti) ₂ O ₆ · (F, OH, O)	Желтобурый, бесцветный	4,9	Очень мелкие октаэдры. Очень редкий
Перовскит CaTiO_3	Желтый, бурый, черный	3,97—4,04	Окатанные кристаллы кубической формы. Грани куба часто покрыты штриховкой. Очень редкий
Пироклор (Na, Ca...) ₂ · (Nb, Ti...) ₂ O ₆ (F, OH)	Бурый, красный, желтый	4,03—4,36	Мелкие октаэдры или неправильные зерна. Очень редкий
Ромеит (Ca, Na, Mn) ₂ · Sb ₂ O ₆ (F, OH, O)	Желтый	4,7—5,1	Мелкие октаэдрические кристаллы. Очень редкий

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
А н н з о т р о п н ы е			
Касситерит SnO_2	Бесцветный бурый, красный, черный	6,8—7,1	Призматические и тетрагональные кристаллы, на гранях которых часто наблюдается штриховка. Иногда коленчатые двойники; неправильные зерна, часто покрытые трещинами и мелкими углублениями. Изредка волокнистые или концентрически-полосчатые разности, сходные со строением дерева (деревянистое олово). Блеск алмазный, жирный. На цинковой пластинке с HCl восстанавливается до металлического олова, которое дает реакцию с какотелном
Циркон ZrSiO_4	Бесцветный желтый, розовый, бурый	4,68—4,7	Тетрагональная призма, оканчивающаяся пирамидой, тетрагональная бипирамида или более сложные формы. Иногда окатанные прозрачные зерна или неправильные обломки. Блеск сильный, алмазный
Шеелит CaWO_4	Белый, желтоватый, зеленоватый	5,8—6,2	Обычно неправильные окатанные зерна, изредка сохраняются бипирамидальные кристаллы. Блеск алмазный или стеклянный. В HCl растворяется, покрываясь с поверхности желтым налетом WO_3 , который от прибавления капли раствора SnCl_2 приобретает синюю окраску (вольфрамовая синь)
Монацит (Ce, La, Dy) PO_4	Желтый, красно- бурый, бурый	4,9—5,5	Округлые зерна, изредка сохраняются таблитчатые кристаллы. После сплавления с KOH дает реакцию на P. Обычно попадает в электромагнитную фракцию
Турмалин. (Na, Ca) (Mg, Al) $_6$ · · $[\text{Si}_6\text{Al}_3\text{B}_3 (\text{O}, \text{OH})_{30}]$	Бурый, черный, синий, зеленый	3,0—3,2	Удлиненные кристаллы, часто с ясно выраженной тригональной призмой, иногда оканчивающейся гранями ромбоэдра. Поперечное сечение призмы часто имеет форму сферического

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl})$	Белый, зеленый, синеватый, розовый	3,17—3,23	треугольника. На гранях призмы обычно вертикальная штриховка. Иногда обладает настолько сильным плеохроизмом, что его легко наблюдать под бинокуляром Окатанные призматические или округлые зерна; часто гексагональные призмы. Поверхность зерен обычно неровная, матовая. Часто мутный. Растворяется в кислотах, раствор дает реакцию на P
Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	Белый, розовый, красный, бурый	3,16—3,2	Удлиненные призмы с почти квадратным сечением; неправильные окатанные или угловатые зерна. Очень часто полупрозрачен и содержит включения углистого вещества, слюды и магнетита. Хиастолит содержит симметрично расположенные включения углистого вещества, образующие крест в поперечном разрезе призмы
Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F}, \text{OH}]_2$	Бесцветный, желтый, серый, зеленый, синий	3,4—3,6	Призматические кристаллы, иногда с тонкой штриховкой, параллельной ребрам призмы; хорошо окатанные эллипсоидальные зерна, часто с шероховатой поверхностью
Силлиманит $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$	Бесцветный, зеленоватый	3,2	Удлиненные тонкие призмы или волокнистые агрегаты, реже неправильные зерна
Кианит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	Бесцветный, белый, голубой	3,5—3,7	Плоские удлиненные кристаллы, часто несколько расширяющиеся по концам, что придает им своеобразную лапцетовидную форму; округлые или прямоугольные кристаллы с совершенной спайностью по удлинению. Зерна минерала часто покрыты мелкими трещинами и содержат черные включения

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Корунд Al_2O_3	Белый, серый, синий, красный, желтый	3,9—4,1	Бочонковидные или призматические окатанные кристаллы; неправильные зерна; иногда плоские таблички со штриховкой
Ставролит $Fe^{2+}Al_4[SiO_4]_2O_2(OH)_2$	Бурый, желтый, красноватый	3,6—3,8	Призматические ромбические кристаллы, полуокатанные зерна. Часто крестовидные двойники. Поверхность зерен обычно неровная, изъеденная. Почти постоянно содержит включения слюды, углестого вещества, рутила и других минералов
Сфен $CaTi[SiO_4]O$	Бурый, желтый, зеленоватый	3,29—3,56	Неправильные зерна; часто уплощенные кристаллы, напоминающие тетрагональную бипирамиду (в форме конверта). Сильный алмазный блеск. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti
Рутил TiO_2	Красный, бурый, желтый, черный	4,2	Призматические шестоватые кристаллы с вертикальной штриховкой граней; коленчатые двойники или неправильные окатанные зерна. Блеск сильный, алмазный. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti
Анализ TiO_2	Синий, бурый, желтый, зеленоватый, черный. Просвечивает	3,8—3,9	Очень мелкие остроугольные тетрагональные бипирамиды или плоские пластинки с алмазным блеском и характерной штриховкой на гранях. Обычно густо окрашен и полупрозрачен. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti
Брукит TiO_2	Бурый, желтый, серый	3,9—4,1	Плоские таблитчатые или призматические кристаллы с тонкой штриховкой на гранях. Блеск полуметаллический, жирный. Часто полупрозрачный. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$	Зеленый, бурый	3,35—3,38	Неправильные угловатые зерна, иногда окатанные Пластинчатые псевдогексагональные кристаллы или тонкие чешуйки с весьма совершенной спайностью
Мусковит $\text{KA}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]$	Бесцветный, желтый	2,76—3,10	
Амфиболы: Актинолит Антофиллит Роговая обманка	Зеленый, бурый, черный	2,8—3,6	Удлиненные призматические зерна с ясно выраженной спайностью по удлинению; иногда неправильные окатанные зерна. При раздавливании зерно дробится на мелкие иголочки
Пироксены: Авгит Гиперстен Диопсид Энстатит	Зеленый, бурый, черный	3,1—3,8	По внешнему виду сходны с амфиболами, но спайность по удлинению выражена менее отчетливо. При раздавливании игольчатых осколков не образует
Киноварь HgS	Красный. Просвечивает в тонких краях	8,0—8,2	Неправильные окатанные, иногда округлые зерна с характерным алмазным блеском. В кислотах не растворяется, растворяется в царской водке и смеси HCl с H_2O_2 . При соприкосновении зерна минерала с раскаленным шариком соды выделяет металлическую ртуть. Редкий
Барит BaSO_4	Белый, снежный, желтый	4,3—4,7	Толстые пластинки со следами совершенной спайности. Обычно плохо окатывается и в процессе переноса дробится по спайности. Блеск стеклянный или перламутровый. Редкий
Церуссит PbCO_3	Бурый, белый, серый, желтый	6,4—6,6	Окатанные зерна. Иногда покрывает поверхность галенита. Растворяется в HCl с выделением CO_2 . Редкий
Малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$	Зеленый	3,9—4,1	Неправильные зерна натеchnого, радиальнолучистого или концентрически-скорлуповатого строения. Растворяется в HCl с выделением CO_2 . Раствор дает реакцию на Cu . Редкий

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Азурит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$	Синий	3,7—3,9	Неправильные или радиальнолучистые зерна. Растворяется в HCl с выделением CO_2 . Раствор дает реакцию на Cu . Редкий
Ортит $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot [\text{O}, \text{OH}]$	Бурый, черный	3,0—4,2	Таблитчатые или призматические кристаллы. Часто неправильные окатанные зерна. Редкий
Ксенотим UPO_4	Желтый, бурый, розовый, белый	4,4—4,6	Тригональные бипирамиды или удлиненные призматические кристаллы, сходные по виду с цирконом. Окатанные зерна. После сплавления с KOH дает реакцию на P . Обычно попадает в электромагнитную фракцию
Везувиан $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_2[\text{OH}]_4$	Бурый, зеленый, красный, голубой	3,34—3,44	Призматические кристаллы или окатанные неправильные зерна. Редкий
Волластонит CaSiO_3	Белый, серый, бурый	2,78—2,91	Призматические кристаллы или округлые и таблитчатые окатанные зерна. Редкий
Цоизит—клиноцоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$	Серый, зеленый, розовый, бесцветный	3,25—3,36	Призматические окатанные кристаллы или неправильные зерна. Редкий
Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	Зеленый	3,0—3,5	Призматические, иногда окатанные зерна, часто полуразрушенные. В шлихах встречается редко и только вблизи коренных месторождений
Бадделент ZrO_2	Бурый, черный	5,0—6,02	Окатанные таблитчатые кристаллы или неправильные зерна. Очень редкий
Бастнезит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Dy})\text{F}[\text{CO}_3]$	Желтый, бурый	4,47—5,19	Окатанные кристаллы. Очень редкий
Беннтонит $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$	Голубой, синий, бесцветный	3,6	Неправильные зерна или окатанные ромбоэдрические кристаллы. Очень редкий

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Аксинит $\text{Ca}_2(\text{Mn, Fe})\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15} \cdot$ ·[OH]	Бурый	3,25—3,30	Неправильные или округлые зерна. В шлихах встречается очень редко
Ванадинит $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$	Желтый, бурый, красный	6,66—7,10	Неправильные хрупкие зерна, изредка призматические кристаллы, часто с характерной полой формой. Очень редкий
Вульфенит PbMoO_4	Желтый, бурый, серый	6,3—7,0	Неправильные зерна или полуразрушенные таблитчатые и пирамидальные кристаллы. Очень редкий
Штольцит PbWO_4	Зеленоватый, серый, бурый	7,87—8,13	Тетрагоиальные пирамидальные кристаллы или неправильные зерна. Очень редкий
Распит PbWO_4	Буровато- желтый	8	Таблитчатые кристаллы или неправильные зерна. Очень редкий
Фенакит Be_2SiO_4	Желтый, буро-красный	2,96—3,0	Окатанные ромбоэдрические или линзовидные зерна. В шлихах встречается очень редко и всегда сопровождается другими минералами бериллия
Хризоберилл BeAl_2O_4	Зеленый, желтый	3,50—3,84	Окатанные плоские зерна, часто матовые с поверхности. Очень редкий
Эвклаз $\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8[\text{OH}]_2$	Бесцветный, бледнозеленый, синий	3,05—3,10	Призматические удлиненные кристаллы или неправильные окатанные зерна; иногда пластинки, раздробленного по спайности кристалла. Очень редкий
Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Белый, зеленоватый, розоватый	3,13—3,20	Окатанные призматические или пластинчатые кристаллы. Очень редкий
Смитсонит ZnCO_3	Белый, сероватый, зеленоватый	4,1—4,5	Неправильные окатанные зерна. Очень редкий

Минерал	Окраска	Уд. вес	Характерные особенности
Сидерит FeCO_3	Бурый, серый	3,78—3,89	Неправильные угловатые или окатанные зерна. С поверхности покрывается лимонитом. Очень редкий
Торит ThSiO_4	Черный, бурый, желтый, оранжевый	4,8—5,4	Мелкие окатанные зерна. Очень редкий
Аурипигмент As_2S_3	Желтый	3,4—3,6	Токие чешуйчатые кристаллы или мягкие листочки с неровными краями. Очень редкий
Реальгар AsS	Красный	3,4—3,6	Окатанные зерна с жирным блеском. Очень редкий
Торолит SnTa_2O_7	Золотисто- желтый, бурый	6,6—7,9	Таблитчатые кристаллы с совершенной спайностью. Очень редкий
Фаялит FeSiO_4	Желтова- тый, бесцветный	4,1	По виду сходен с оливином. Очень редкий
Лазулит $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2[\text{OH}]_2$	Синий	2,9—3,1	Очень редкий. Встречается в виде окатанных зерен с неровным изломом
Флоренсит $\text{CeAl}_3[\text{PO}_4]_2[\text{OH}]_6$	Бледножел- тый	3,58	Очень редкий
Гамлинит $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{HPO}_4][\text{OH}]_6$	Бесцветный красновато- бурый	3,16—3,28	Очень редкий
Гартит $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{SO}_4][\text{OH}]_6$	Розовый, красный	3,2—3,5	Очень редкий
Горсейксит $\text{BaAl}_3[\text{PO}_4][\text{HPO}_4][\text{OH}]_6$	Бурый, белый	3,1	Очень редкий
Диаспор HAlO_2	Белый, желтый, серый	3,3—3,5	Очень редкий
Трипугнит $\text{Fe}^{2+}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$	Зеленовато- желтый	5,8	Очень редкий

ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ РОССЫШЕЙ

АВГИТ

Химический состав. Глиноземистый пироксен, непостоянного состава — $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$; иногда содержит примеси щелочей и Ti .

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические и толстотаблитчатые; часто образует двойники по (100). Спайность по (110) хорошая. Излом неровный. Твердость 5—6. Уд. вес 3,2—3,6. Блеск стеклянный, иногда жирный. Цвет зеленый, черновато-зеленый, реже коричневый и желтовато-серый. Черта белая, зеленоватая. Средне магнитный; магнитные свойства изменяются с изменением содержания железа. Электропроводность средняя.

Оптические свойства. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 1,710—1,724$; $N_p = 1,682—1,700$. $2V = 50—61^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,024—0,026$. Оптически двуосный, положительный. Разности, содержащие большие количества Fe и Ti , плеохроичны: N_g — зеленовато-желтый или красноватый; N_m — буровато-красный или фиолетовый; N_p — зеленовато-желтый или красноватый. Дисперсия: $r > v$.

Химические свойства. В кислотах обычно не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Окатанные короткопризматические кристаллы или неправильные зерна. Обычно обнаруживает признаки разложения и с поверхности становится мутным. Часто содержит темные железистые включения.

Источники происхождения. Средние и основные изверженные породы; метаморфизованные известняки и другие метаморфические породы.

Спутники. Другие пироксены и оливин. Если происходит из метаморфических пород, то часто сопровождается амфиболом, скаполитом, везувияном, гранатом, апатитом.

Изменения. Довольно легко разрушается и превращается в различные амфиболы.

Методы определения и отличие от других минералов. Авгит определяется по окраске и оптическим свойствам. От сходного с ним по внешнему виду диопсида отличается несколько более высоким показателем преломления и следами поверхностного разрушения; зерна диопсида обычно обладают лучшей сохранностью.

АЗУРИТ

Химический состав. $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$, или $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Спайность по (021) совершенная. Излом раковистый. Хрупкий. Твер-

дость 3,5—4. Уд. вес 3,7—3,9. Блеск стеклянный, иногда алмазный. Цвет синий, темносиний. Черта синяя. Минерал немагнитный; непроводник электричества. В катодных лучах люминесцирует синим светом.

Оптические свойства. Прозрачный, до просвечивающего. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 1,838$; $N_p = 1,730$. $2V = 68^\circ$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,108$. Оптически двуосный, положительный.

Химические свойства. Легко растворятся в кислотах с выделением CO_2 . Дает реакцию на Cu .

Особенности минерала в шлихах. Встречается редко, обычно в виде мелких неправильных зерен и только вблизи коренных месторождений меди.

Источники происхождения. Коренные месторождения меди.

Спутники. Малахит, куприт, лимонит, карбонаты.

Изменения. В шлихах легко разрушается, легче, нежели малахит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по синей окраске и растворимости в HCl . Проверяется по оптическим свойствам и химической реакцией на Cu .

АКСИНИТ

Химический состав. Боросиликат алюминия и кальция с непостоянным содержанием Fe и Mn —



Физические свойства. Триклинной сингонии. Кристаллы различного габитуса, часто клинообразные, реже призматические. Иногда плоские, неправильные зерна. Спайность ясная по (010). Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 6,5—7. Уд. вес 3,25—3,30. Блеск стеклянный. Цвет розовый, бурый, синий, серый, желтый; изредка бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный или слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,680—1,696$; $N_p = 1,668—1,685$. $2V = 69—75^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,009—0,011$. Оптически двуосный, отрицательный. Плеохроизм наблюдается только в толстых зернах: N_g — бесцветный или зеленоватый; N_m — синий или фиолетовый; N_p — коричневый, желтый.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. Дает реакцию на B .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в виде неправильных или округлых зерен, обычно бледнорозовой окраски. При изучении под микроскопом зерна часто не имеют полного погасания.

Источники происхождения. Метаморфизованные основные изверженные породы; пустоты в гранитных породах.

Спутники. Эпидот, гранат, хлорит, турмалин, сфалерит, халькопирит, кальцит, пироксен, амфибол.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерному внешнему виду и по оптическим свойствам. Проверяется реакцией на В.

АКТИНОЛИТ

Химический состав. Известково-магнезиально-железистый амфибол — $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Тонкопризматические или столбчатые кристаллы, реже волокнистые агрегаты. Спайность совершенная по (110), иногда по (100). Излом неправильный. Твердость 5—6. Уд. вес 3,1—3,3. Блеск стеклянный. Цвет от яркозеленого до серовато-зеленого, изредка желтоватый. Черта бесцветная. Часто содержит включения железных минералов. Умеренно магнитный; магнитные свойства изменяются в зависимости от содержания железа. Умеренный проводник электричества. В катодных лучах иногда люминесцирует желтым светом.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,641—1,677$; $N_p = 1,614—1,658$. $2V$ большой. Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,019—0,027$. Оптически двуосный, отрицательный. $cN_g = 10—20^\circ$. Плеохроизм ясный, усиливается с повышением содержания железа: N_g — зеленый; N_m — желтовато-зеленый; N_p — бледножелтый. Дисперсия: $r > v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в волокнистых или призматических кристаллах с явно выраженной спайностью по удлинению. Реже в зернах, окатанных в различной степени. Плеохроизм наблюдается в толстых зернах.

Источники происхождения. Кристаллические сланцы, метаморфические изверженные породы. Актинолит является продуктом вторичного изменения железисто-магнезиальных силикатов в изверженных породах.

Спутники. Другие амфиболы, пироксены, слюды, сфен, апатит.

Изменения. Часто изменяется в хлоритовое вещество.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду. Проверяется по оптическим свойствам. Характерной особенностью актинолита, как и всех других амфиболов, является совершенная спайность по удлинению, отличающая его от других зеленых минералов, встречающихся в шлифах. Если амфибол раздавить на предметном стекле аккуратным подавливанием другим стеклом, он дробится в тонкие иголки. Пироксены и другие зеленые минералы дробятся в неправильные осколки.

АЛМАЗ

Химический состав. Чистый углерод С.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в октаэдрах, пирамидальных октаэдрах и комбинациях куба с октаэдром; грани часто закруглены и исштрихованы. На (111) иногда наблюдаются углубления в виде треугольников. Обычны двойники по (111). Спайность совершенная по (111). Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 10. Уд. вес 3,2—3,52. Блеск алмазный. Обычно бесцветный, реже бледно окрашен в желтый, оранжевый, красный, зеленый, синий цвета; иногда бурый, черный. Черты не дает. Обычно содержит включения графита, магнетита, гематита, ильменита и других минералов. Немагнитный. Плохой проводник электричества. При трении сукном электризуется и приобретает положительный заряд. В ультрафиолетовых и рентгеновских лучах сильно люминесцирует голубым светом. Темноокрашенные разности обладают оранжевой или красной люминесценцией.

Оптические свойства. Светлые разности прозрачны, темноокрашенные — менее прозрачны. Очень высокий показатель преломления: $N = 2,41—2,48$. Обычно изотропный, но иногда обладает аномальным двупреломлением и дает одноосную интерференционную фигуру.

Химические свойства. При нагревании не изменяется; только при очень высокой температуре в атмосфере кислорода сгорает в двуокись углерода. Не разлагается кислотами и щелочами.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в кристаллах с закругленными ребрами и выпуклыми гранями или в остроугольных зернах с сильным алмазным блеском.

Источники происхождения. Перидотит, кимберлит и другие ультраосновные изверженные породы. Кварцевые конгломераты; кварцево-сланцевые сланцы. Яшма. Метеориты.

Спутники. Кварц, золото, платина, осмистый иридий, циркон, анатаз, рутил, брукит, гематит, ильменит, андалузит, хризоберилл, турмалин, гранат, топаз, корунд.

Разновидности. Обыкновенный бесцветный или бледноокрашенный прозрачный алмаз.

Борт — темноокрашенный алмаз с закругленной и неровной поверхностью граней. Часто имеет неправильную радиальнолучистую, волокнистую или зернистую внутреннюю структуру со сложным двойниковым строением. Бором называют также обломки алмазов и вообще алмазы низшего качества.

Карбонадо — черный непрозрачный алмаз без видимой спайности.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерному алмазному блеску, высокой твердости (царапает корунд и топаз), часто по

изогнутым граням кристалла. Проверяется по оптическим свойствам под микроскопом и по люминесценции. От сходных с ним по внешнему виду осколков кварца отличается исключительно высокой твердостью, блеском, высоким удельным весом, а также формой и спайностью. От бесцветных и бледноокрашенных шпинелей, кристаллизующихся в октаэдрах, отличается более низким удельным весом. Шпинель имеет удельный вес 3,5—4,1 и тонет в жидкости Рорбаха, в то время как алмаз в ней обычно всплывает (иногда алмаз имеет уд. вес выше 3,4). Шпинель имеет твердость 8 (чертится корундом) и не люминесцирует.

АМПАНГАБЕИТ

Химический состав. Формула минерала точно не установлена. Тантало-ниобат железа, урана и редких земель — $(Y, Er, U, Fe, Ca, Th)_2 \cdot (Nb, Ta, Ti)_7O_{18}$?

Физические свойства. Ромбической (?) сингонии. Кристаллизуется в прямоугольных призмах с закругленными гранями; иногда радиальнолучистые агрегаты. Спайность не обнаружена. Излом раковистый или неровный. Твердость 4. Уд. вес для светлых разностей 3,35—3,75, для темных 3,92—4,39 и для буро-черных 4,45—4,97. Блеск смолистый до жирного. Цвет от светлого до буро-черного; часто зеленовато-бурый, красно-бурый. Черта у темных разностей светлая, буро-ватая. Темные разности электромагнитны, светлые — немагнитны. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Изотропный. Для темных разностей $N = 2,13$, для светлых разностей $N = 1,89$.

Химические свойства. Разлагается кислотами с выделением белого осадка. При кипячении с H_2SO_4 покрывается белой пленкой. Серноокислый раствор дает реакцию на Ta и Nb с таннином.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко в виде неправильных зерен зеленовато-бурой окраски, покрытых с поверхности более светлым зеленовато-бурым налетом. Светлобурые разности, очевидно, являются продуктом гидратизации темного ампангабеита.

Источники происхождения. Пегматитовые жилы.

Спутники. Другие тантало-ниобаты, берилл, монацит, висмутовые минералы.

Изменения. Легко разрушается и покрывается более светлым налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду. Проверяется химической реакцией на Ta и Nb и по растворимости в кислотах.

АНАТАЗ

Синоним. Октаэдрит.

Химический состав. TiO_2 . Обычно содержит небольшое количество FeO .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Кристаллы октаэдрического габитуса (111), иногда очень тупые (117); пластинчатые с развитой гранью (001); реже призматические (рис. 21). На гранях кристаллов часто наблюдается

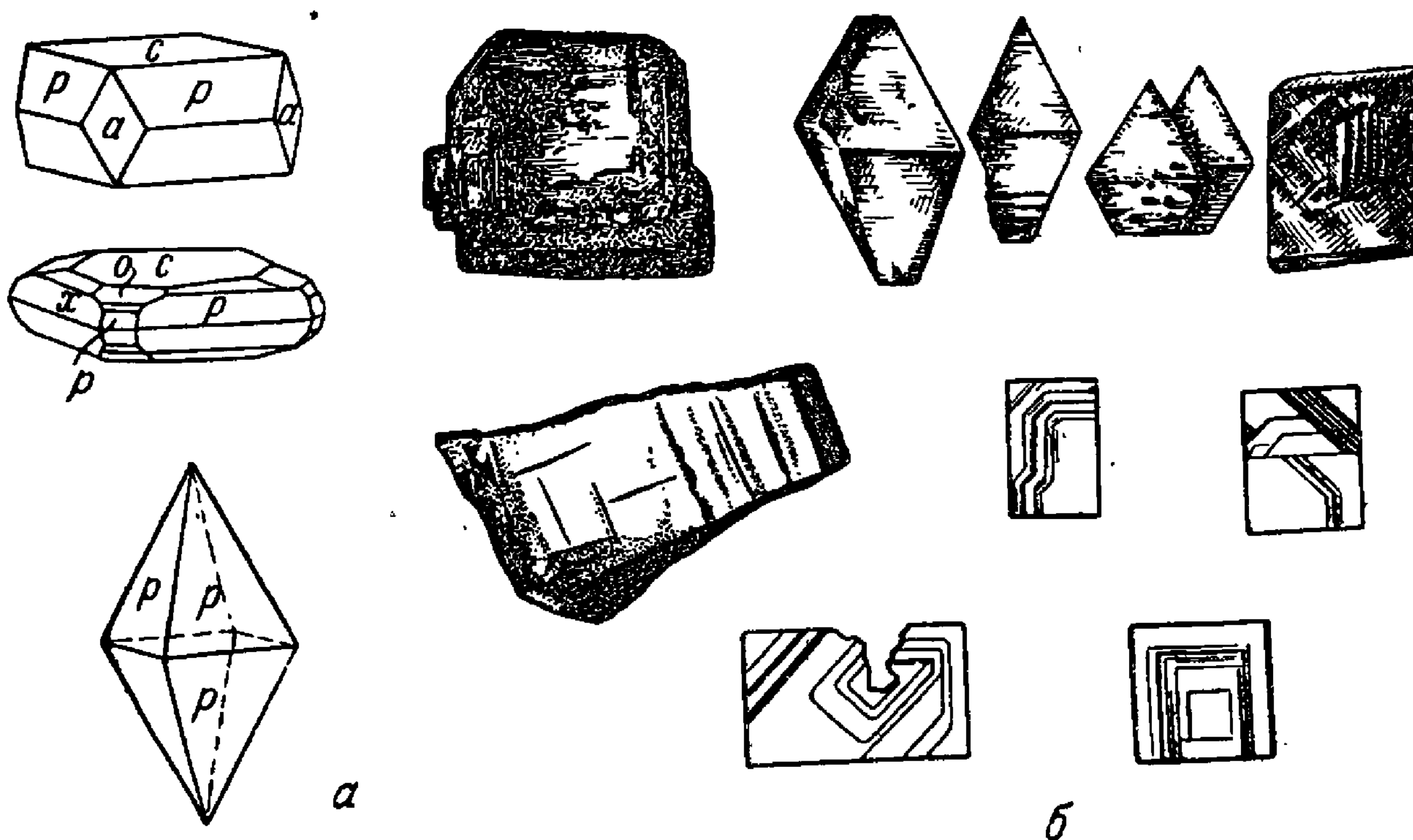


Рис. 21. Анатаз

а — формы кристаллов; *б* — формы зерен, встречающихся в шлихах

характерная штриховка. Спайность по (001) и (111) совершенная. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 5,5—6. Уд. вес 3,82—3,95. Блеск металловидный, алмазный. Цвет бурый, желтый, синий, зеленоватый, черный. Черта бесцветная. Включения наблюдаются редко. Немагнитный. Умеренный проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до почти непрозрачного. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,554—2,564$; $N_p = 2,489—2,497$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,04—0,07$. Оптически одноосный, отрицательный. Иногда аномально двуосный с небольшим углом оптических осей. Пластинчатые кристаллы, параллельные (001), изотропны. Прямое погасание. Плеохроизм наблюдается только в толстых зернах; для желтых кристаллов: N_o — темносиний или оранжевый, N_e — бледноголубой или желтый.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ и растворения сплава в H_2SO_4 дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в очень мелких бипирамидальных или пластинчатых, несколько окатанных кристаллах с характерной штриховкой на гранях и сильным алмазным блеском. Наблюдаются также пирамидальные формы, простые или сдвоенные, иногда имеющие штриховку, параллельную основанию пирамиды. Менее обычны угловатые пластинки по спайности или неправильные обломки кристаллов. По окраске различают две наиболее распространенные разновидности анатаза: желтую или желто-бурую и индигово-синюю или зеленовато-синюю. В шлихах встречается часто, но почти всегда в незначительных количествах.

Источники происхождения. Пегматиты и кристаллические сланцы часто являются вторичным продуктом изменения других минералов (сфена, ильменита), присутствующих в гранитах, диоритах, гнейсах, сланцах и известняках.

Спутники. Ильменит, брукит, рутил, лейкоксен, сфен, циркон, гранат.

Изменения. Редко наблюдаются.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен. Проверяется по оптическим свойствам под микроскопом и химической реакцией на Ti . От сходного с ним рутила отличается по форме кристаллов и оптическому знаку, по меньшей твердости и более низкому удельному весу. От брукита отличается по оптическим свойствам. От синего корунда меньшей твердостью, более высокими показателями преломления и двупреломления. От синего турмалина отличается более слабым плеохроизмом, более высокими показателями преломления и двупреломлением.

АНДАЛУЗИТ

Химический состав. $Al_2[SiO_4]O$. Иногда содержит примеси Mn , Fe и S .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Обычно призматический (110), реже сплошной или неясностолбчатый (рис. 22). Спайность ясная по (110), менее совершенная по (100) и реже по (010). Излом неровный или неяснораковистый. Твердость 7,5. Уд. вес 3,1—3,2. Блеск стеклянный. Цвет белый, розовый, красный, фиолетовый, бурый, зеленый; часто бесцветный. Черта бесцветная. Очень часто содержит включения графита, углистого вещества, слюды и магнетита. Немагнитный; разности, содержащие включения магнетита, могут попадать в электромагнитную фракцию. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный; разности, содержащие большое количество включений, непрозрачны. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,639—1,647$; $N_p = 1,629—1,640$. $2V = 75—86^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,007—0,011$. Оптически двуосный, отрицательный. Прямое погасание параллельно ребру призмы. В некоторых разностях наблюдается

сильный плеохроизм: Np — розовый до кроваво-красного, Nm и Ng — бесцветный или бледножелтый.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. Легко сплавляется с $NaOH$ или Na_2CO_3 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в виде неправильных, окатанных или угловатых зерен; часто в виде серовато-бурых окатанных удлиненных призматических кристаллов, содержащих большое количество слюдистых включений.

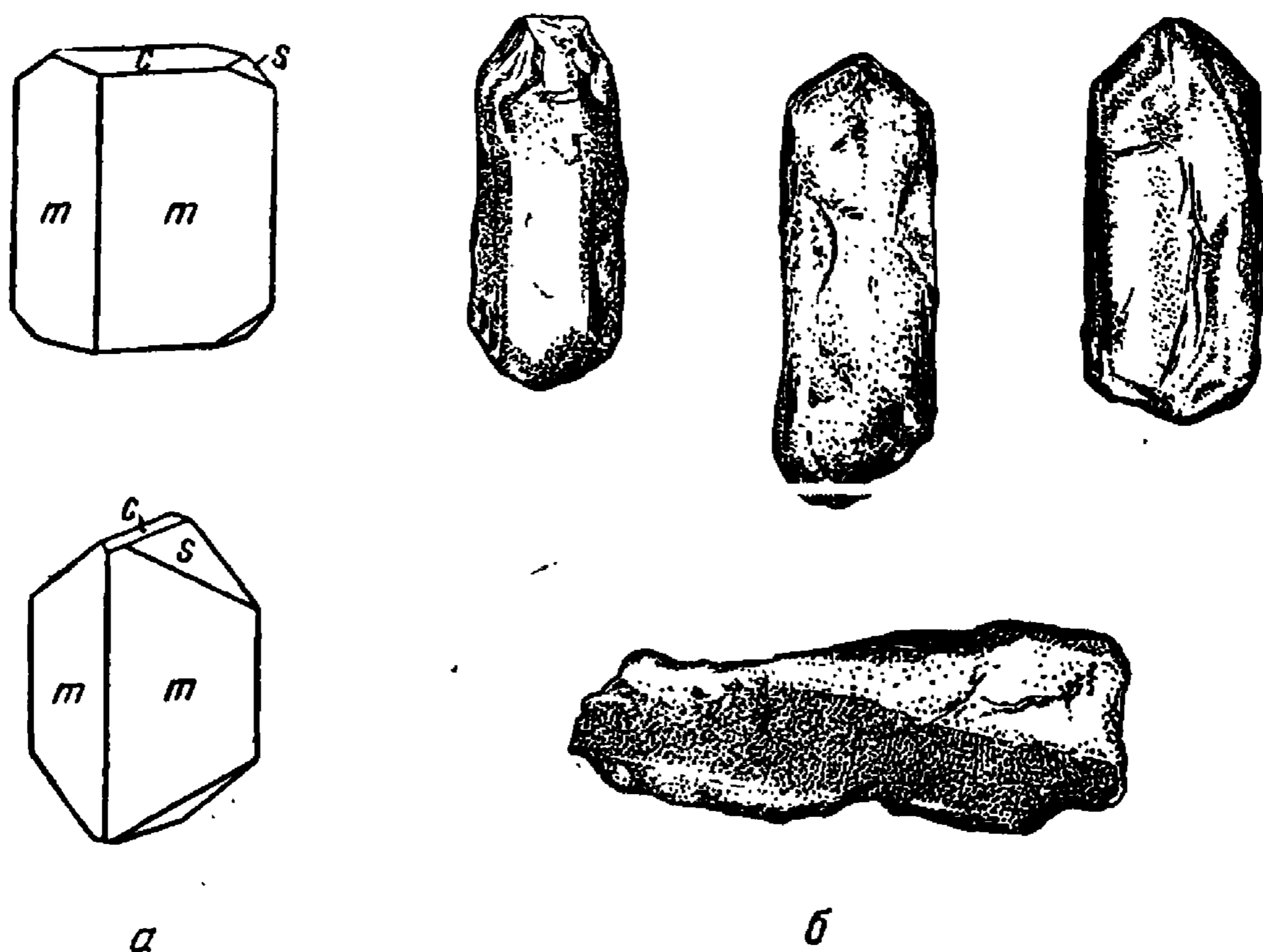


Рис. 22. Андалузит

a — формы кристаллов; b — формы зерен, встречающихся в шлихах

Источники происхождения. Метаморфические породы: граниты, гнейсы, сланцы.

Спутники. Кианит, силлиманит, корунд, гранат, ставролит, топаз, турмалин, рутил, шпинель и др.

Изменения. При разрушении превращается в бесцветную слюду или в агрегат каолинита со слюдой.

Разновидности. **Манганандалузит** — разновидность, содержащая Mn . Темнозеленый; оптически положительный; $Ng = 1,69$; $Np = 1,66$; плеохроизм — от желтого до зеленого.

Виридин — разновидность, содержащая Fe и Mn . Зеленый; оптические свойства сходны с манганандалузитом.

Хиастолит — разновидность, характеризующаяся закономерным расположением углистых включений, образующих в поперечном разрезе кристалла черный крест или клетки, подобные шахматной доске.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по призматической форме зерен, спайности, кроваво-красному плеохроизму и по включениям уфлистого и слюдистого вещества. От всех сходных с ним минералов отличается характерным розово-красным плеохроизмом. Кроме того, от топаза отличается наличием включений и отрицательным оптическим знаком; от флюорита — изотропностью последнего; от циркона — формой зерен, характером включений, более низким показателем преломления и другими оптическими свойствами; от бледноокрашенного турмалина — иным характером плеохроизма и по другим оптическим свойствам (турмалин одноосный).

АНТИМОНИТ

Синонимы. Сибнит, сурьмяный блеск.

Химический состав. Sb_2S_3 . Иногда содержит примеси Au и Ag.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Призматические кристаллы с вертикальной штриховкой, часто изогнутые и скрученные. Нередко встречается в спутановолокнистых агрегатах или в радиальнолучистых скоплениях игольчатых кристаллов; реже пластинчатый и зернистый. Спайность по (010) весьма совершенная. Излом несовершеннораковистый. Твердость 2 (легко режется ножом). Уд. вес 4,5—4,6. Блеск металлический. Цвет свинцово-серый. Черта свинцово-серая. С поверхности обычно покрывается черной, реже радужной побежалостью. Немагнитный. Электричества не проводит.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. В HCl растворяется с выделением H_2S . В HNO_3 растворяется с выделением белого осадка Sb_2O_5 . В концентрированной KOH разлагается с выделением оранжево-красного осадка сурьмяной сульфосоли. Дает реакцию на Sb с родамином В. Из солянокислого раствора на цинковой пластинке в присутствии платины восстанавливается до металлической сурьмы.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко, только в непосредственной близости от коренных выходов. Обычно присутствует в виде мелких шестоватых или спутановолокнистых агрегатов, реже в виде неправильных вытянутых пластинок. С поверхности зерна покрываются черным налетом, иногда с радужной побежалостью. При раздавливании на предметном стекле дробится на тонкие иголочки, благодаря совершенной спайности по удлинению кристаллов.

Источники происхождения. Кварцево-сульфидные жилы в гранитных породах и кремнистых сланцах.

Спутники. Галенит, сфалерит, киноварь, пирит, барит, реальгар, аурипигмент.

Изменения. Легко превращается в окисные минералы сурьмы — сервантит, сенармонтит, валентинит и другие.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду зерен. Проверяется химической реакцией на Sb. От сходных с ним по внешнему виду сульфидов — висмутина, арсенопирита и галенита отличается химической реакцией на Sb.

АНТОФИЛЛИТ

Химический состав. Ромбический амфибол $(Mg, Fe)_7[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$. Иногда присутствуют значительные количества Al.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Обычно таблитчатые, реже призматические кристаллы, часто образует волокнистые, лучистые и шестоватые агрегаты. Спайность по призме совершенная, по (010) менее совершенная. Излом неровный. Твердость 5,5—6. Уд. вес 2,8—3,2 (увеличивается с повышением содержания Fe). Блеск стеклянный. Цвет бурый различных оттенков, зеленый. Черта бесцветная. Магнитные свойства изменяются в зависимости от содержания Fe.

Оптические свойства. Прозрачный. Показатель преломления изменяется в широких пределах в зависимости от химического состава минерала: для магнезиальной разности $N_g = 1,597$, $N_p = 1,584$; для разностей с большим количеством Fe N_g может достигать 1,729. $2V$ около 90° . Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,013 - 0,024$. Оптически двуосный, положительный. Иногда плеохроичный: N_g — бледный желтовато-зеленый; $N_m = N_p$ — буроватый.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Бледноокрашенные удлиненные, призматические, волокнистые или шестоватые зерна с резко выраженной спайностью по призме.

Источники происхождения. Кристаллические сланцы.

Спутники. Другие амфиболы и пироксены.

Разновидности. *Жедрит* — содержит большие количества Fe и Al. Оптически отрицательный.

Методы определения и отличие от других минералов. По виду сходен с другими амфиболами и хризотил-асбестом. Определяется по оптическим свойствам.

АПАТИТ

Химический состав. $Ca_5[PO_4]_3F$ — фторапатит и $Ca_5[PO_4]_3Cl$ — хлорапатит. Содержит примеси: (OH), Mn, Nd, Pr, Ce, La и другие.

Физические свойства. Гексагональной сингонии. Кристаллы призматического габитуса; оканчиваются обычно бипирамидой (1010) или базопинакоидом (0001). Изредка таблитчатые кристаллы (рис. 23). Спайность несовершенная по (0001) и (1010). Излом раковистый и неровный. Твердость 5. Уд. вес

3,17—3,23. Блеск стеклянный до слегка смолистого, иногда перламутровый. Цвет зеленый, синевато-зеленый, розовато-лиловый, серый; иногда бесцветный, белый или бурый. Черта белая. Часто содержит мелкие включения, иногда жидкие и газообразные. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Обладает яркой люминесценцией в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах. Интенсивность и окраска люминесценции изменяются в широких пределах в зависимости от примесей.

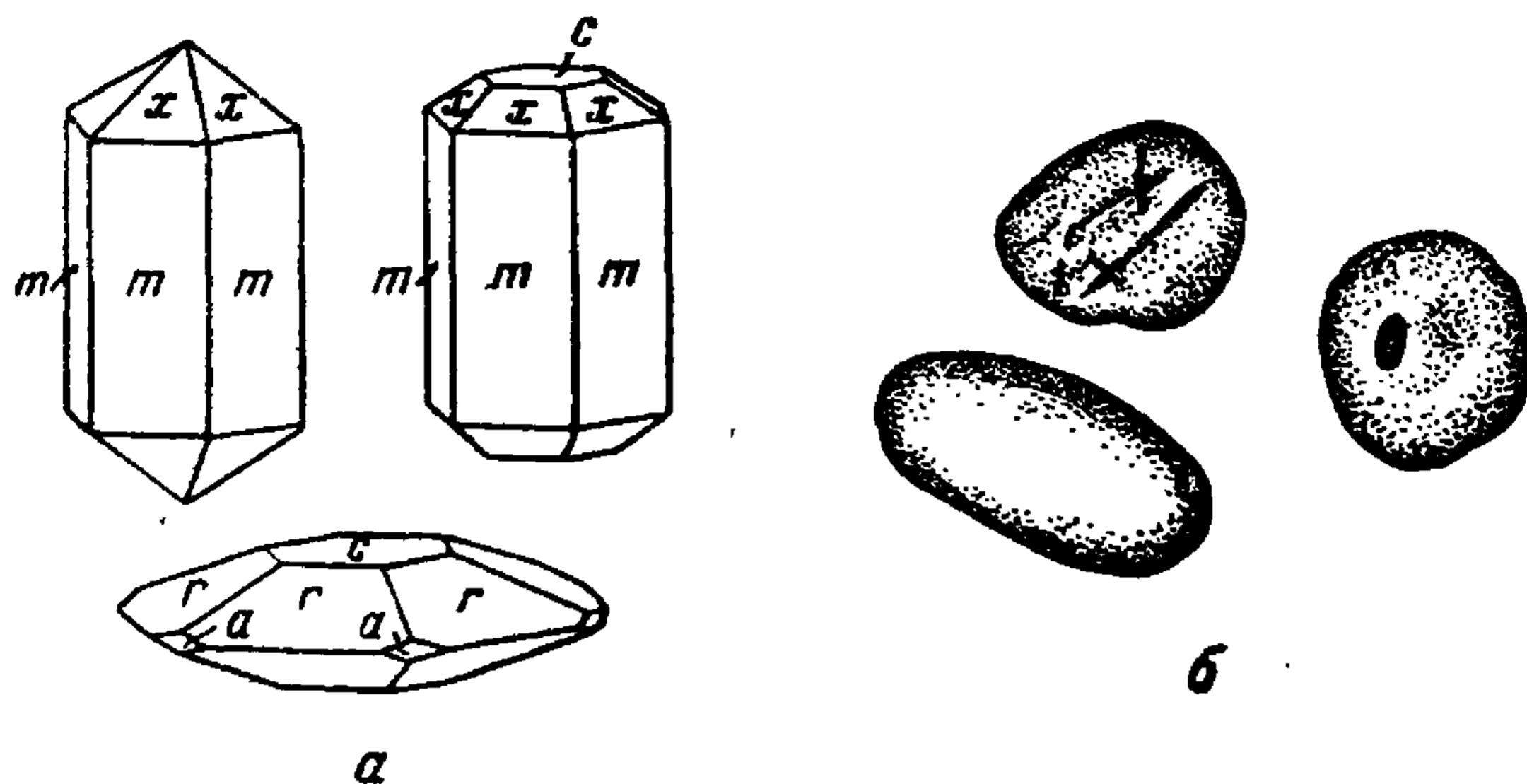


Рис. 23. Апатит

a — формы кристаллов; *б* — формы зерен, встречающихся в шлихах

Оптические свойства. Показатель преломления: $N_g = 1,632—1,648$; $N_p = 1,630—1,643$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,002—0,005$. Одноосный, отрицательный; иногда дает псевдодвуосную фигуру. Темноокрашенные разности иногда слабо плеохроичны.

Химические свойства. Растворяется в HCl и HNO_3 . При растворении в H_2SO_4 часто выделяется осадок $CaSO_4$, препятствующий дальнейшему растворению минерала. После растворения в HNO_3 дает реакцию на P с молибденовокислым аммонием.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в окатанных призматических или округлых зернах. Часто сохраняется гексагональная призма. Поверхность зерен обычно неровная, матовая. Часто полупрозрачный благодаря наличию мелких внутренних трещин и включений; иногда включения располагаются ориентированно, главным образом параллельно главной оси кристалла.

Источники происхождения. Многие изверженные породы, как кислые, так и основные, в особенности граниты, сиениты, габбро. Кроме того, метаморфизованные породы: перекристаллизованные известняки, сланцы, гнейсы. Пегматитовые жилы в гранитах.

Спутники. Изменяются в зависимости от источника происхождения. Обычно турмалин, слюда, берилл, топаз, сфен, железные минералы, флюорит. Если происходит из метаморфизо-

ванных известковых пород, спутниками являются: сфен, амфибол, гранат, циркон, пироксен, везувиан.

Изменения. Редко наблюдаются.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен. Если сохраняет гексагональную призму, то по ней легко отличается от других минералов. Проверяется по оптическим свойствам под микроскопом и химической реакцией на фосфор. Если встречается в окатанных зернах, по внешнему виду часто сходен с кварцем, флюоритом, гранатом, турмалином, бериллом. От всех них отличается легкой растворимостью в HNO_3 и реакцией на Р с молибденовокислым аммонием. Кроме того, от кварца и берилла отличается большим удельным весом; от флюорита и граната — анизотропностью и по показателю преломления.

АРСЕНОПИРИТ

Синонимы. Миспикель, мышьяковый колчедан.

Химический состав. Fe As S . Иногда часть Fe замещена Со.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы призматические по (110), иногда сплюснутые по вертикальной оси, с характерной штриховкой на гранях (рис. 24).

Изредка тонкопластинчатый или в бесформенных зернах. Часто образует крестообразные двойники. Спайность по (110) ясная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5,5—6. Уд. вес 5,9—6,2. Блеск металлический. Цвет серебристо-белый до стально-серого. Черта серовато-черная. Немагнитный, но при выветривании и окислении

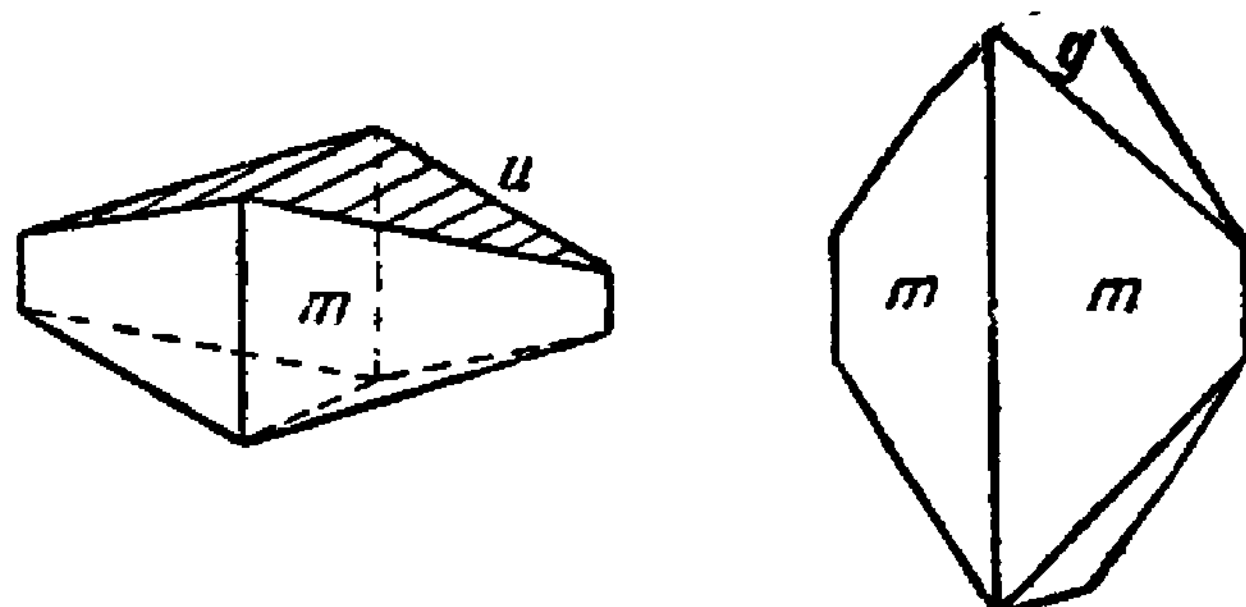


Рис. 24. Арсенопирит. Формы кристаллов

обычно покрывается налетом окислов железа и тогда при магнитной сепарации попадает в электромагнитную фракцию.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 с выделением серы. Раствор дает реакцию на As с молибденовокислым аммонием.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах редко, лишь вблизи коренных месторождений мышьяковых руд. Присутствует обычно в виде пластинчатых кристаллов или в виде вытянутых скошенных ромбоэдров с поперечной штриховкой на гранях; также в неправильных зернах. Часто с поверхности покрывается черным налетом, затрудняющим определение минерала.

Источники происхождения. Коренные месторождения арсенопирита.

Спутники. Касситерит, вольфрамит, галенит, сфалерит, пирит, медные и серебряные руды.

Изменения. С поверхности покрывается черным налетом. Превращается в окисные соединения мышьяка.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду кристаллов, иногда по черному налету на гранях; проверяется химической реакцией с молибденовоокислым аммонием. От сходных с ним сульфидов — галенита, антимонита, висмутина — отличается с помощью химической реакции на As.

АУРИПИГМЕНТ

Химический состав. As_2S_3 .

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы мелкие, редко хорошо образованные. Обычно в листоватых или неправильных зернах. Спайность по (010) весьма совершенная. На плоскостях спайности наблюдается вертикальная штриховка. Твердость 1,5—2. Уд. вес 3,4—3,5. Блеск смолистый, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет желтый. Черта желтая. Немагнитный. Электричества не проводит.

Оптические свойства. Полупрозрачный. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 3,0$; $N_p = 2,4$. $2E = 70^\circ$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,6$. Оптически двуосный, положительный. Сильная дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 и KOH. Дает реакцию на As с молибденовоокислым аммонием.

Особенности минерала в шлихах. В шлихах встречается очень редко, обычно в виде тонких чешуйчатых кристаллов или мягких листочков с неровными краями.

Источники происхождения. Образуется в результате изменения реальгара и других мышьяковых минералов.

Спутники. Реальгар, самородный мышьяк, антимонит, барит, кальцит, пирит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по золотисто-желтой окраске и чешуйчатой форме зерен. Проверяется химической реакцией на As. По внешнему виду сходен лишь с торолитом, от которого отличается растворимостью в HNO_3 и химической реакцией на As.

БАДДЕЛИТ

Химический состав. ZrO_2 . Обычно содержит небольшое количество SiO_2 , TiO_2 , окислов железа и окиси гафния; иногда UO_2 и ThO_2 .

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Таблитчатые кристаллы. Спайность совершенная по (001), несовершенная по (010). Излом раковистый до неровного. Твердость 6—7. Уд. вес 5,0—6,02. Блеск стеклянный, смолистый. Цвет

желтый, бурый, черный; реже бесцветный. Черта белая или буроватая. Иногда содержит включения железных минералов. Немагнитный. Непроводник электричества.

Оптические свойства. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,20$; $N_p = 2,13$. $2V = 30^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,07$. Двуосный, отрицательный. $cN_g = 10-13^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$. Плеохроирует в зеленовато-желтых и бурых тонах.

Химические свойства. В HCl и HNO₃ не растворяется. H₂SO₄ разлагает с трудом. После сплавления с K₂S₂O₇ дает реакцию на Zr.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах редко, обычно в плотных массах и желваках с волокнистым строением, реже в виде окатанных таблитчатых кристаллов или в неправильных зернах бурого или желтого цвета.

Источники происхождения. Сиениты и пироксениты.

Спутники. Циркон, монацит, рутил, анатаз, гранат, циртолит, магнетит, ильменит, турмалин, амфиболы и пироксены.

Изменения. Разрушается с поверхности.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме, окраске, высоким показателю преломления и удельному весу. Проверяется химическим анализом.

БАРИТ

Синоним. Тяжелый шпат.

Химический состав. BaSO₄.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы обычно таблитчатые по (001) или призматические, вытянутые по (010), с хорошо развитыми гранями (102) (рис. 25). Часто сферические агрегаты, поперечный разрез которых обнаруживает их радиальнолучистое строение. Иногда волокнистый. Спайность совершенная по (001) и (110). Излом неровный. Хрупкий. Твердость 2,5—3,5. Уд. вес 4,3—4,7. Блеск стеклянный, перламутровый, иногда матовый. Цвет белый, синеватый, желтый; чаще бесцветный. Черта белая. Часто содержит включения железных минералов. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Люминесцирует в катодных лучах фиолетовым, в рентгеновских лучах — зеленым, в ультрафиолетовых лучах — фиолетовым, желтым или розовым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Высокий показатель преломления: $N_g = 1,648$; $N_p = 1,636$. $2V = 37^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,012$. Оптически двуосный, положительный. Призматические зерна дают прямое погасание.

Химические свойства. В кислотах не растворяется, смоченный HCl окрашивает пламя в зеленый цвет. Дает реакцию на Ba.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в угловатых зернах неправильной формы или в прямоугольных пластинках по спайности. Зерна редко бывают окатанными.

Источники происхождения. Баритовые жилы. Песчаники, в которых барит играет роль цементирующей среды.

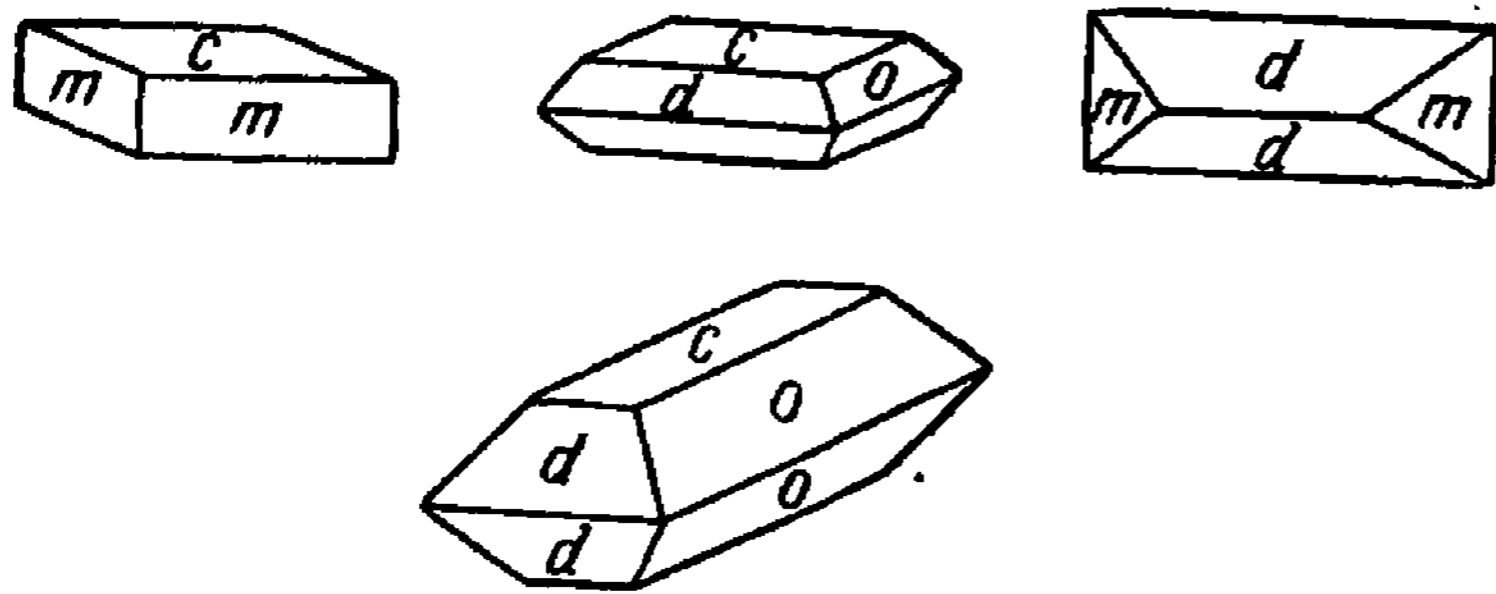


Рис. 25. Барит. Формы кристаллов

Металлоносные жилы обычно с рудами Pb, Cu, Fe, Zn, Ag, Hg и др.

Спутники. Галенит, сфалерит, флюорит, минералы марганца.

Методы определения и от-

личия от других минералов. Определяется по высокому удельному весу, угловатой форме зерен и неравномерному блеску. Проверяется по оптическим свойствам под микроскопом, по нерастворимости в кислотах и химической реакции на Ва. По внешнему виду часто сходен со многими бесцветными минералами шлихов. От всех них, за исключением шеелита, отличается высоким удельным весом и оптическими свойствами. Кроме того, от кальцита, с которым он часто присутствует совместно, отличается нерастворимостью в кислотах.

БАСТНЕЗИТ

Синоним. Гамартит.

Фторокарбонат металлов цериевой группы — (Ce, La, Pr...) [CO₃]F. Содержит также Y и Eг.

Тригональной сингонии. Призматические или таблитчатые кристаллы. Спайность по (0001). Твердость 4—4,5. Уд. вес 4,47—5,18. Блеск стеклянный. Цвет восково-желтый, красноватый, бурый.

Показатель преломления высокий: $N_g = 1,818—1,824$; $N_p = 1,717—1,722$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,101—0,102$. Одноосный, положительный. Слабо плеохроитрует. Легко с шипением растворяется в HCl.

В шлихах встречается очень редко в виде хорошо окатанных зерен.

БЕНИТОИТ

BaTi[Si₃O₉]. Тригональной сингонии. Кристаллы пирамидального или таблитчатого облика. Спайность несовершенная по (1011). Твердость 6—6,5. Уд. вес 3,65. Блеск стеклянный. Цвет голубой, синий, красный, иногда бесцветный.

Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,804$; $N_p = 1,757$. Двупреломление высокое:

$N_g - N_p = 0,047$. Оптически одноосный, положительный. Окрашенные разности плеохроичны: N_e — бесцветный; N_o — темно-синий, пурпурный.

Растворим только в HF.

Минерал очень редкий. Встречается в виде неправильных зерен или ромбоэдрических кристаллов. Определяется по синей окраске зерен. Проверяется по оптическим свойствам. От сходного с ним сапфира отличается по твердости и оптическим свойствам.

БЕРИЛЛ

Химический состав. $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$. Иногда содержит примеси Li_2O , Cs_2O , Na_2O и H_2O .

Физические свойства. Гексагональной сингонии. Кристаллы обычно призматические, часто с вертикальной штриховкой на гранях призмы (рис. 26). Спайность несовершен-

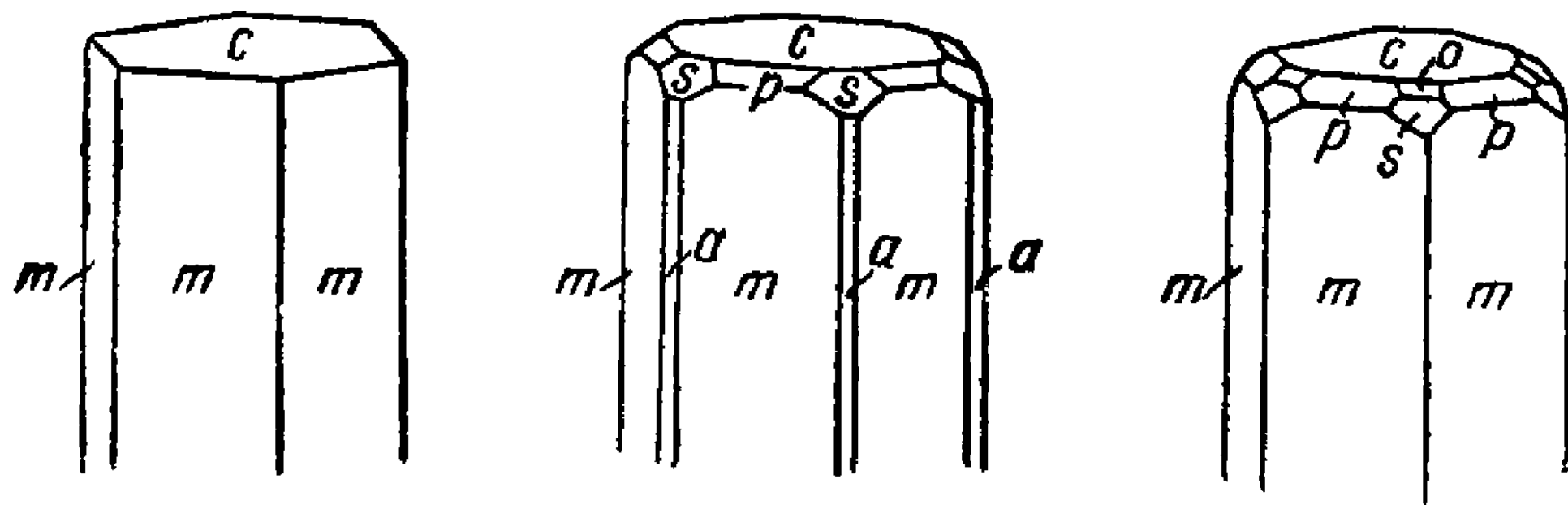


Рис. 26. Берилл. Формы кристаллов

ная по (0001). Излом раковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 7,5—8. Уд. вес 2,63—2,91. Блеск стеклянный, иногда смолистый. Цвет зеленый, желтый, белый, реже синий, красный. Черта белая. Немагнитный. Плохой проводник электричества. В катодных лучах слабо люминесцирует голубым цветом, в рентгеновских лучах — желтым, в ультрафиолетовых лучах — фиолетовым.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления изменяется в зависимости от содержания щелочей. $N_g = 1,568—1,602$; $N_p = 1,564—1,595$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,004—0,008$. Оптически одноосный, отрицательный; иногда аномально двуосный. Обладает слабым плеохроизмом.

Химические свойства. В кислотах не растворяется, кроме плавиковой. Простой реакции для химического определения Be не имеется.

Особенности минерала в шлихах. Окатанные призматические кристаллы, часто с вертикальной штриховкой на гранях призмы. Иногда в виде окатанных округлых зерен. Встречается в легкой фракции вместе с кварцем и другими легкими минералами.

Источники происхождения. Граниты, гранитные пегматиты, сланцы.

С п у т н и к и. Турмалин, касситерит, топаз, хризоберилл, гранат, рутил, фенакит, дымчатый кварц, полевые шпаты.

И з м е н е н и я. При разрушении в россыпях берилл становится непрозрачным, мягким, превращается в землистый каолинит.

Р а з н о в и д н о с т и. *Аквамарин* — голубовато-зеленый берилл, употребляемый в качестве драгоценного камня.

Изумруд — изумрудно-зеленый берилл, окрашенный, очевидно, незначительными примесями Сг.

Воробьевит, или *морганит*, — розовый берилл.

Ростерит — таблитчатый или короткопризматический берилл, бесцветный до бледнорозового.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по гексагональной призматической форме зерен, обычно зеленой окраске и слабому плеохроизму. По внешнему виду сходен с апатитом и зеленым турмалином, от которых отличается более низким удельным весом и большей твердостью. От хризоберилла отличается по форме и оптическим свойствам. От кварца, с которым выделяется вместе в легкой фракции, отличается более высоким показателем преломления и оптическим знаком.

БИОТИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. Силикат алюминия, магния, железа и калия, отвечающий в основном формуле $K(Mg,Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH,F]_2$.

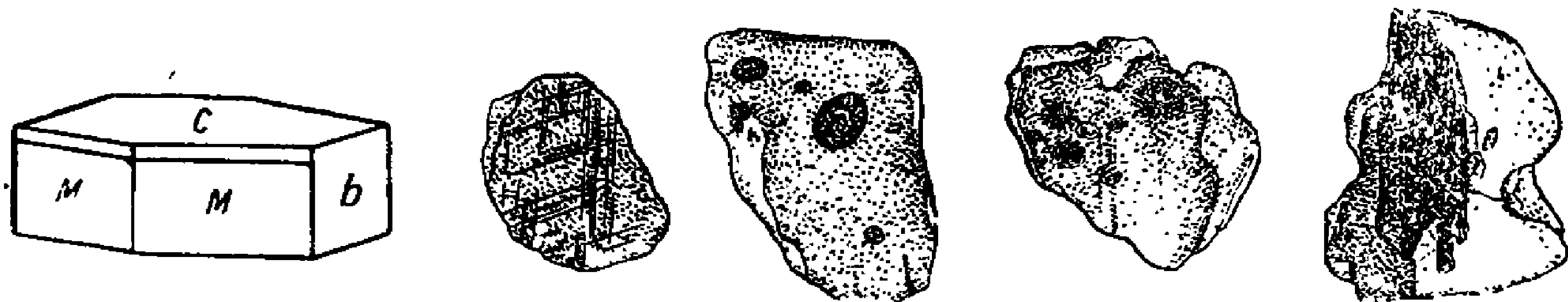


Рис. 27. Биотит

а—форма кристалла; б—формы зерен, встречающихся в шлихах

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Моноклинной сингонии. Таблитчатые или короткопризматические кристаллы с совершенной спайностью по (001) (рис. 27). Излом неровный. Твердость 2,5—3,0. Уд. вес 2,7—3,1. Блеск стеклянный, перламутровый, жирный. Цвет темнозеленый, бурый до черного. Черта бесцветная. Часто содержит включения циркона, ксенотима, ортита, рутила, анатаза, монацита и других минералов, вокруг которых при изучении под микроскопом наблюдаются плеохроичные дворники. Средне магнитный. Умеренный проводник электричества.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Прозрачный до непрозрачного. Показатель преломления низкий и изменяется в зависимости от химического состава. $N_g = 1,60—1,66$; $N_p = 1,56—1,60$. Двупре-

ломление высокое: $N_g - N_p = 0,04 - 0,06$. Оптически двуосный, отрицательный. $2V$ обычно весьма мал и минерал часто дает одноосную интерференционную фигуру. Плеохроизм сильный: N_p — бесцветный, светложелтый; $N_m = N_g$ — темнобурый, красно-бурый, зеленый.

Химические свойства. В HCl и HNO_3 не растворяется; разлагается H_2SO_4 с выделением тонкого порошка SiO_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах в виде пластинчатых шестигранных кристаллов с весьма совершенной спайностью по базопинакоиду (001). Часто края пластинок неровные, зазубренные. При надавливании иглой расщепляется по спайности на более тонкие пластинки. Иногда в результате совершенной спайности пластинки слюды несколько расщепляются и имеют вид полураскрытой книги.

Источники происхождения. Различные изверженные и метаморфические породы. Пегматитовые жилы.

Спутники. Весьма разнообразны, зависят от источников происхождения.

Изменения. Иногда отмечается частичное замещение хлоритовым веществом, образующим светлую оторочку по краям минерала.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерному внешнему виду и совершенной спайности. Обычно наблюдаемые в препаратах из шлихов пластинки по спайности, параллельные (001), не плеохроичны, обладают низким двупреломлением и одноосной фигурой.

БИСМИТ

Bi_2O_3 , возможно с некоторым количеством воды.

Моноклинной сингонии. Встречается в порошковатых, землистых массах. Уд. вес 4,36. Цвет соломенно-желтый, серовато-зеленый, белый. $N_g = 2,00$; $N_p = 1,82$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,18$. Оптически двуосный, отрицательный.

Минерал вторичный — продукт разложения сернистых соединений и самородного висмута. Встречается в шлихах очень редко, вместе с другими минералами висмута и золотом.

БИСМУТИТ

Химический состав. Основной карбонат висмута — $Bi_2[CO_3][OH]_4$.

Физические свойства. Аморфный. Волокнистые корочки или землистые разности. Твердость 4. Уд. вес 7,0—7,4. Блеск матовый. Цвет серый, грязно-зеленый, желтый. Черта белая. Часто содержит включения висмутита или самородного висмута, в результате разложения которых он образовался. Немagnetный.

Оптические свойства. Непрозрачный. В мелких осколках иногда просвечивает. $N = 2,15 - 2,28$.

Химические свойства. В кислотах растворяется с выделением CO_2 . Дает реакцию на Bi .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах редко, в виде шестоватых и натечных образований или в виде неправильных окатанных зерен грязно-зеленого цвета.

Источники происхождения. Вторичный минерал, образующийся главным образом при окислении висмута или самородного висмута.

Спутники. Висмутин, самородный висмут, арсенопирит, вольфрамит, топаз, касситерит, колумбит.

Изменения. С поверхности иногда покрывается беловатым налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по шестоватой или натечной форме зерен, по характерной грязно-зеленой окраске и по мелким серым включениям висмута и самородного висмута, часто сохраняющимся внутри бисмутита. Проверяется по растворимости в HCl и реакции на Bi с цинхоном.

БЛОМСТРАНДИН—ПРИОРИТ

Химический состав. Титано-ниобаты Y , Er , Ce и U —(Y , Er , Ce , Ca , Th , $\text{U} \dots$) (Ti , $\text{Nb} \dots$) $_2\text{O}_6$. Отношение $\text{Nb}_2\text{O}_5 : \text{TiO}_2$ изменяется от 1 : 2 (в приорите) до 1 : 6 (в блострандине). Содержит от 2 до 5% UO_2 и от 1 до 8% ThO_2 .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы таблитчатые по (010), реже призматические. Спайности не наблюдается. Излом полураковистый. Твердость 5,5. Уд. вес 4,88—5,05. Блеск с поверхности матовый, в свежем изломе алмазный или жирный. Цвет буро-черный, в тонких осколках желто-бурый. Черта желтая. Электромагнитный. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный; в тонких осколках просвечивает. Изотропный. N около 2,14.

Химические свойства. В HCl разлагается частично, в H_2SO_4 совершенно, но при этом выделяется белый осадок земельных кислот. Крупные зерна минерала при кипячении с H_2SO_4 покрываются белой пленкой. Серноокислый раствор дает реакцию на $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$ с таннином.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко, в виде таблитчатых кристаллов или в неправильных зернах, обычно с поверхности покрытых желтоватым налетом.

Источники происхождения. Пегматитовые жилы.

Спутники. Тантало-ниобаты, касситерит.

Изменения. С поверхности покрывается желтоватым налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по буро-черной окраске и желтоватому налету на поверхности. Проверяется химической реакцией

на Nb и Ti и по растворимости в H_2SO_4 . От сходных с ним по внешнему виду самарскита и фергюсонита отличается наличием большого количества Ti. От других тантало-ниобатов часто может быть отличен только с помощью количественного химического анализа.

БРАННЕРИТ

Формула точно не установлена $(U, Ca, Fe^{III})Ti_2O_6$? Тетрагональной или ромбической сингонии. Образует призматические кристаллы. Излом раковистый. Твердость 4,5. Уд. вес 4,50—5,43. Цвет черный. Черта зеленовато-бурая. Слабо магнитный. Сильно радиоактивный. Непрозрачный. В тонких осколках имеет темно-бурый цвет и просвечивает. $N = 2,30$. Растворяется в кислотах. Дает реакцию на Ti и U.

Встречается в шлихах очень редко в окатанных призматических кристаллах черного цвета с темной зеленовато-бурой чертой. Определяется по внешнему виду. Проверяется химической реакцией на U и Ti.

БРАУНИТ

Химический состав. $Mn \cdot Mn \cdot O_3$ или Mn_2O_3 .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Встречается в бипирамидах или в неправильных зернах. Спайность по (111) совершенная. Излом неровный до неяснораковистого. Хрупкий. Твердость 6—6,5. Уд. вес 4,75—5,0. Блеск полуметаллический. Цвет и черта буровато-черные, стально-серые. Немагнитный.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. В HCl растворяется с выделением хлора и окрашивает раствор в темнобурый цвет. Сплав с содой окрашен в зеленый или голубой цвет. Дает реакцию на Mn.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах редко, в виде черных непрозрачных зерен неправильной формы.

Источники происхождения. Обычно вторичного происхождения.

Спутники. Минералы марганца, барит, лимонит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду, по растворимости в HCl и химической реакции на Mn.

БРУКИТ

Химический состав. TiO_2 .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллизуется в таблитчатых по (100) или в пирамидальных кристаллах. Реже призматические кристаллы (рис. 28). Грани (100) и (010) часто искривлены параллельно вертикальной

оси. Спайность слабая по (100). Излом раковистый или неправильный. Хрупкий. Твердость 5,5—6. Уд. вес 3,87—4,08. Блеск жирный, стеклянный или металлоидный. Цвет бурый, желтый, серый. Черта бесцветная. Немагнитный. Умеренный проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Очень высокий показатель преломления: $N_g = 2,644—2,827$; $N_p = 2,541—2,681$. Угол оптических осей изменяется в широких пределах. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,103—0,158$. Оптически двуосный, положительный. Многие кристаллы ни при каких положениях полностью не погасают. Оптические свойства брукита аномальны. Плоскость оптических осей параллельна (001) в красном и желтом свете и параллельна

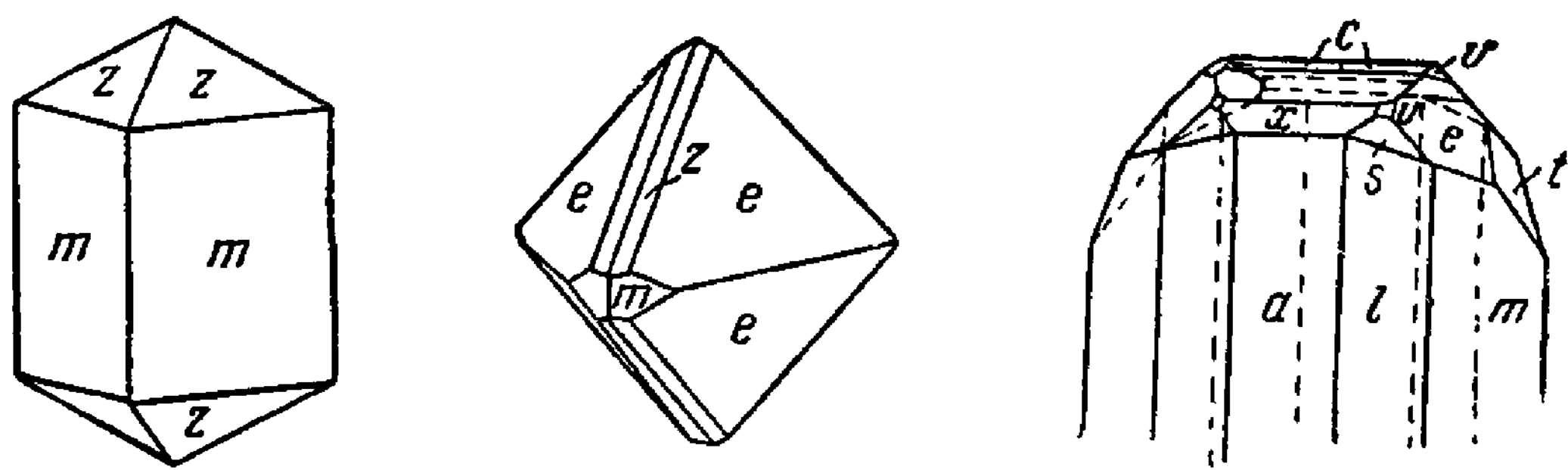


Рис. 28. Брукит. Формы кристаллов

(010) в зеленом и синем свете; следовательно, в белом свете интерференционная фигура ненормальна и состоит из групп чрезвычайно рассеянных двуосных фигур, расположенных под прямым углом друг к другу. Иногда прямое погасание параллельно ребру призмы. Плеохроизм редко или вовсе не наблюдается. Дисперсия очень сильная, $r > v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ и растворения сплава в разбавленной H_2SO_4 дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах в виде пластинок характерного бурого или желтого цвета; иногда сохраняется штриховка, параллельная удлинению кристалла. Характеризуется отсутствием полного погасания при вращении столика микроскопа.

Источники происхождения. Кислые изверженные или кристаллические метаморфические породы. Может образоваться из ильменита и других титанистых минералов.

Спутники. Ильменит, рутил, анатаз, сфен, циркон, монацит, гранат.

Методы определения и отличие от других минералов. Прозрачные разности определяют по оптическим свойствам, непрозрачные зерна — по цвету, форме, блеску и штриховке. Часто представляет затруднения для точного определения. По внешнему виду сходен с анатазом, рутилом и сфеном,

от которых отличается оптическими свойствами. Иногда сходен с касситеритом, от которого отличается отсутствием металлического налета после восстановления на цинковой пластинке с HCl.

ВАНАДИНИТ

Химический состав. $Pb_5[VO_4]_3Cl$. В небольших количествах присутствуют Р и As, замещающие V.

Физические свойства. Гексагональной сингонии. Кристаллы призматические, иногда пещеристые — в виде полых призм (рис. 29). Натечные корки. Излом неровный, плоскораковистый. Хрупкий. Твердость 2,5—3. Уд. вес 6,66—7,10. Блеск на свежем изломе смолистый. Цвет красный, желтый, бурый. Черта белая или желтоватая. Немагнитный.

Оптические свойства. Полупрозрачный. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,370—2,505$; $N_p = 2,318—2,423$. Двупреломление высокое. Оптически одноосный, отрицательный.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 и HCl. Растворы дают реакцию на Pb и V

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко, только вблизи коренных месторождений. Присутствует обычно в виде неправильных хрупких зерен, изредка сохраняются призматические кристаллы с характерными углублениями на концах.

Источники происхождения. Коренные месторождения свинцовых руд.

Спутники. Вульфенит, галенит, золото.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске, характерному внешнему виду кристаллов, растворимости в кислотах и реакциям на Pb и V. От сходного с ним по виду вульфенита отличается реакцией на V и отрицательной реакцией на Mo.

ВЕЗУВИАН

Синоним. Идокраз.

Химический состав. Основной алюмосиликат кальция; формула точно не установлена, приблизительная — $Ca_3Al_2[SiO_4]_2[OH]_4$. Al частично замещается Fe^{2+} , а Ca замещается Mg. Могут присутствовать Ti и B.

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Образует призматические или пирамидальные кристаллы (рис. 30), также шестоватые, радиальнолучистые или неправильные обра-

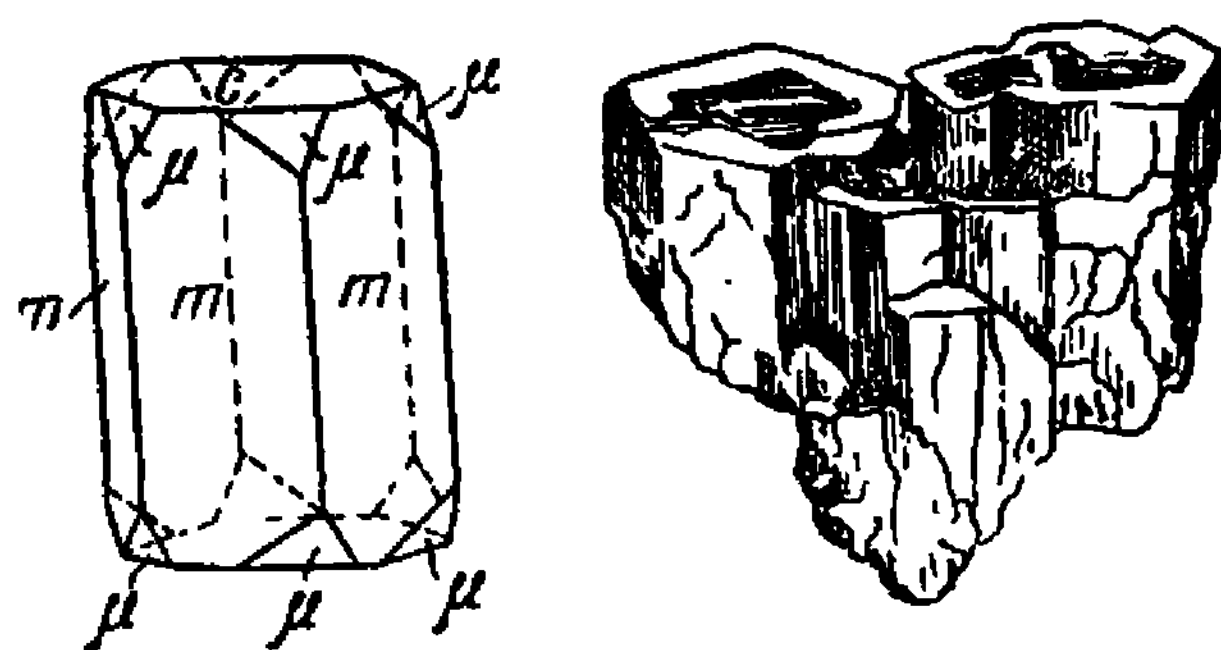


Рис. 29. Ванадинит. Формы кристаллов

зования. Спайность неясная по (110), еще более слабая по (100) и (001). Излом раковистый. Твердость 6,5. Уд. вес 3,34—3,44. Блеск стеклянный. Цвет бурый, зеленый, красный, голубой, реже желтый. Черта белая. Немагнитный. Слабый проводник электричества. Люминесценцией не обладает.

Оптические свойства. Полупрозрачный до просвечивающего. Высокий показатель преломления: $N_g = 1,705—1,732$; $N_p = 1,701—1,726$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,001—0,006$. Оптически одноосный, отрицательный, но иногда положительный. Изредка аномально двуосный с изменяющимся углом оптических осей. Плеохроизм изменчивый: в зеленых разностях — от желто-зеленого до бесцветного, в коричневых — от желто-бурого до буровато-серого, в синих — от темносинего до бесцветного, в красных — от красного до бесцветного или серого.

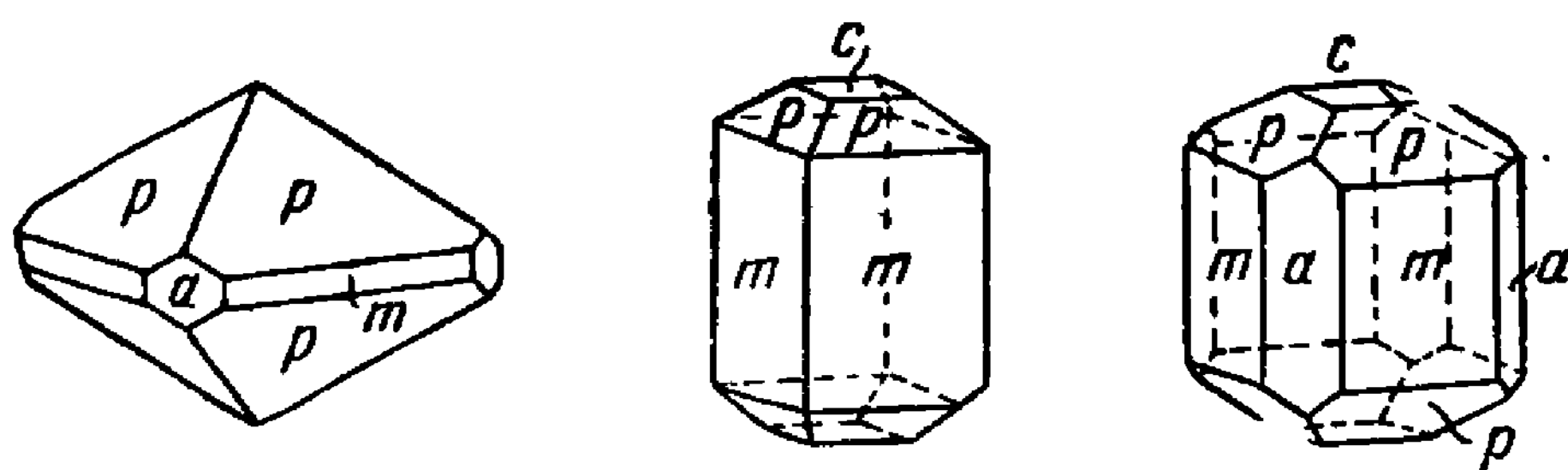


Рис. 30. Везувиан. Формы кристаллов

Химические свойства. Частично разлагается HCl.

Особенности минерала в шлихах. Обычно встречается в виде призматических или неправильных окатанных зерен бурого или зеленовато-бурого цвета со слабым плеохроизмом. Отличительными признаками его являются высокий показатель преломления и слабое двупреломление.

Источники происхождения. Известняки, измененные контактовыми процессами; кристаллические сланцы, гнейсы, пегматиты.

Спутники. Кальцит, гроссуляр, флогопит, диопсид, волластонит, эпидот, амфиболы, авгит, скаполит.

Изменения. Не наблюдаются.

Разновидности. *Вилюит* — буровато-зеленые кристаллы, оптически положительные и аномально двуосные; содержит значительные количества В.

Циприн — голубая разновидность, содержащая Си.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется обычно по бурой и зеленовато-бурой окраске, слабому плеохроизму, высокому показателю преломления и слабому двупреломлению. Другие оптические свойства непостоянны. Часто сохраняются короткопризматические кристаллы. По внешнему виду сходен с некоторыми бурыми разностями граната, турмалином, цоизитом и эпидотом, от которых отличается оптическими свойствами (гранат — изотропный, у

турмалина более низкий показатель преломления, эпидот обычно имеет несколько более высокий показатель преломления и высокое двупреломление).

ВИСМУТ

Химический состав. Вi с примесью незначительных количеств As, S, Fe, Sb и др.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Древо-видные, листоватые или неправильные зерна. Ковкий. Твердость 2,5. Уд. вес 9,8. Блеск металлический. Цвет и черта серебряно-белые с красноватым оттенком и побежалостью. Немагнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 , H_2SO_4 и HCl . Дает реакцию на Вi с цинхоном и иодистым калием.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко, лишь в виде мелких включений в бисмутите. С поверхности обычно покрывается черным налетом.

Источники происхождения. Жилы в граните, гнейсе и других кристаллических породах. Сопровождает руды Co, Ni, Ag и Sn.

Спутники. Бисмутит, топаз, галенит, касситерит.

Изменения. С поверхности покрывается черным налетом. Постепенно превращается в бисмутит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду и постоянной ассоциации с бисмутитом. От сходных с ним по внешнему виду свинца, серебра и других металлов отличается реакцией на Вi с цинхоном.

ВИСМУТИН

Синонимы. Висмутовый блеск, бисмутинит.

Химический состав. Bi_2S_3 . Иногда содержит примеси Cu и Fe.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Образует призматические кристаллы с продольной штриховкой граней; чаще массивный, реже листоватый или волокнистый. Спайность по (010) совершенная. Твердость 2, легко режется ножом. Уд. вес 6,4—6,6. Блеск металлический. Цвет свинцово-серый, оловянно-белый с желтоватой или радужной побежалостью. Черта свинцово-серая или оловянно-белая. Немагнитный. Электричества не проводит.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Легко растворяется в горячей HNO_3 , при разбавлении раствора водой выделяется белый осадок основной соли. Дает реакцию на Вi с цинхоном и КJ.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в шлихах очень редко в виде серых шестоватых или волокнистых

зерен, покрытых с поверхности пленкой зеленовато-серого бисмутита.

Источники происхождения. Коренные месторождения сульфидных руд.

Спутники. Бисмутит, магнетит, гранат, кальцит, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, касситерит, вольфрамит, флюорит.

Изменения. Превращается в бисмутит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду и химической реакции на Bi. Присутствие бисмутита служит подтверждением правильности определения.

ВОЛЛАСТОНИТ

Химический состав. $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$.

Физические свойства. Триклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100) или по (001); также короткопризматические (рис. 31). Спайность по (100) совершенная, по (001) и $(\bar{1}01)$ менее совершенная. Излом неровный. Твердость 4,5—5.



Рис. 31. Волластонит. Форма кристалла

Уд. вес 2,78—2,91. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет белый, серый, желтый, красный, бурый. Черта белая. Немагнитный. Непроводник электричества. В катодных и ультрафиолетовых лучах обладает яркой желтой или голубовато-зеленой люминесценцией, в рентгеновских лучах — желтой или фиолетовой люминесценцией.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,631—1,635$; $N_p = 1,616—1,621$. $2V$ около 40° . Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,014—0,017$. Оптически двуосный, отрицательный. Отчетливая дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. В HCl разлагается с выделением SiO_2 .

Особенности минерала в шлихах. В шлихах встречается редко в виде бесцветных округлых или таблитчатых зерен или в виде призматических кристаллов.

Источники происхождения. Метаморфизованные известняки.

Спутники. Кальцит, гранат, диопсид, эпидот, цоизит.

Изменения. Иногда отмечается превращение в кальцит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по спайности и оптическим свойствам (показателю преломления, среднему двупреломлению и отсутствию плеохроизма).

ВОЛЬФРАМИТ

Химический состав. $(Mn, Fe) WO_4$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100) или призматические. В призматических кристаллах на гранях призмы часто наблюдается вертикальная штриховка (рис. 32). Двойники по (100) и (023). Спайность весьма совершенная по (010); менее совершенная по (100) и (102). Излом неровный. Хрупкий. Твердость 4,5—5,5. Уд. вес 6,7—7,5. Блеск металлический. Цвет темносерый, буровато-черный. Черта черная, для марганцовистых разновидностей буровато-черная. Умеренно магнитный (попадает в электромагнитную фракцию). Хороший проводник электричества.

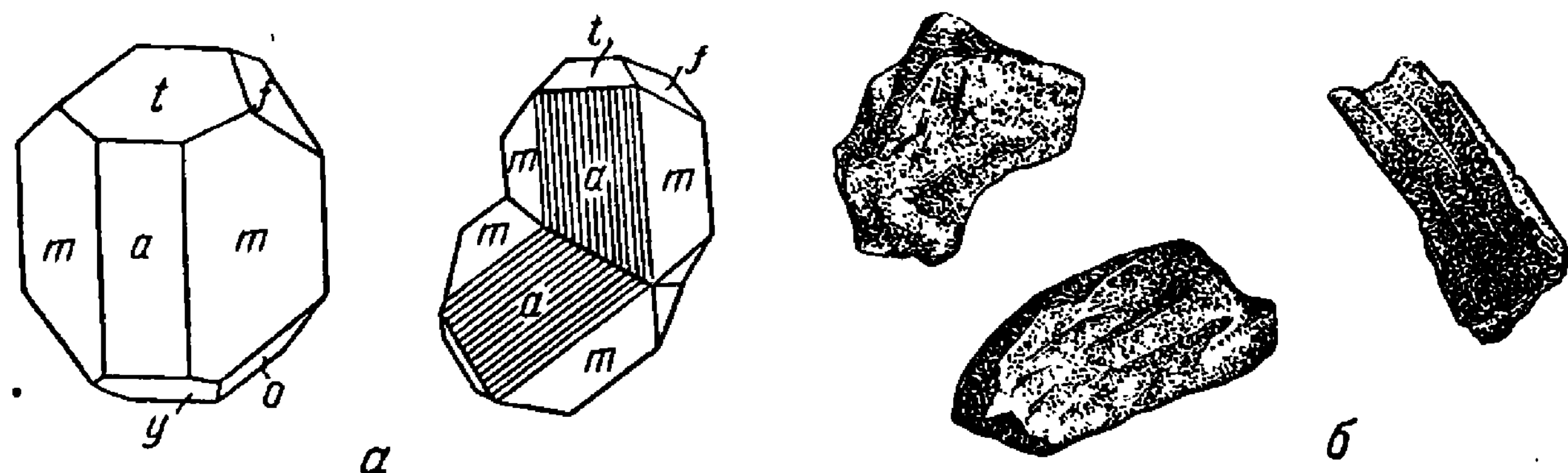


Рис. 32. Вольфрамит

a—формы кристаллов; *b*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Показатель преломления очень высокий: $N_{Li} = 2,17—2,46$. Двупреломление высокое: $N_g—N_p = 0,15—0,16$. Оптически двуосный, положительный. $2V$ большой.

Химические свойства. Частично растворяется в H_2SO_4 и HCl . Раствор становится синим от прибавления $SnCl_2$ или металлического цинка. При разбавлении водой синяя окраска исчезает. При сплавлении минерала со смесью Na_2CO_3 и KNO_3 образуется зеленый или голубовато-зеленый сплав, раствор которого в воде, после отфильтровывания осадка и подкисления, дает реакцию на W с родамином В.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в виде таблитчатых или призматических окатанных кристаллов; часто в виде таблитчатых осколков по плоскостям спайности. С поверхности зерна иногда покрываются тусклым бурочерным налетом. В свежем изломе характеризуется наличием своеобразных красноватых внутренних рефлексов. Благодаря совершенной спайности и хрупкости легко разрушается при перемещении, но сростки вольфрамитов с кварцем могут переноситься на большое расстояние.

Источники происхождения. Кварцевые жилы, скарны, граниты, пегматиты.

С п у т н и к и. Касситерит, шеелит, танталит—колумбит, пирит, топаз, турмалин, апатит, флюорит.

И з м е н е н и я. С поверхности покрывается бурым налетом ферритунгстита, имеющего состав $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{WO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Р а з н о в и д н о с т и. *Вольфрамит* — непрерывный ряд изоморфных смесей от ферберита до гюбнерита.

Ферберит FeWO_4 . Непрозрачный, черный, сильно магнитный.

Гюбнерит MnWO_4 . Бурый, буро-черный; просвечивающий до непрозрачного; очень слабо магнитный или совершенно немагнитный; иногда плеохроичен.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по таблитчатой форме, совершенной спайности и характерным красным рефлексам на свежем изломе. Проверяется по зеленой окраске сплава со смесью Na_2CO_3 и KNO_3 и химической реакцией на W. От сходного с ним по внешнему виду гематита отличается химической реакцией на W. От других черных минералов отличается хорошей спайностью, внутренними рефlekсами и химической реакцией на W.

ВУЛЬФЕНИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. PbMoO_4 ; Pb иногда замещается Ca.

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Тетрагональной сингонии.

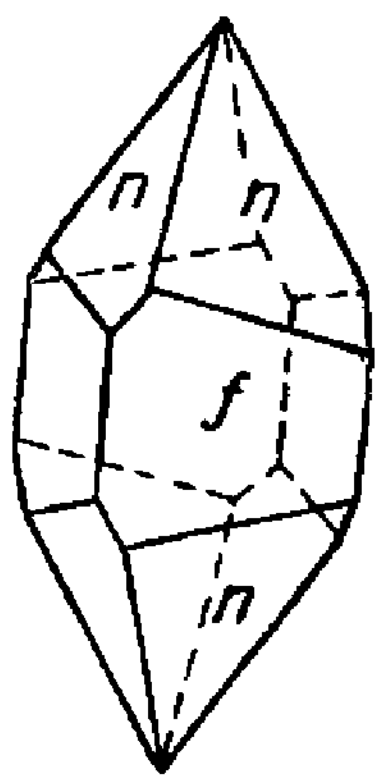
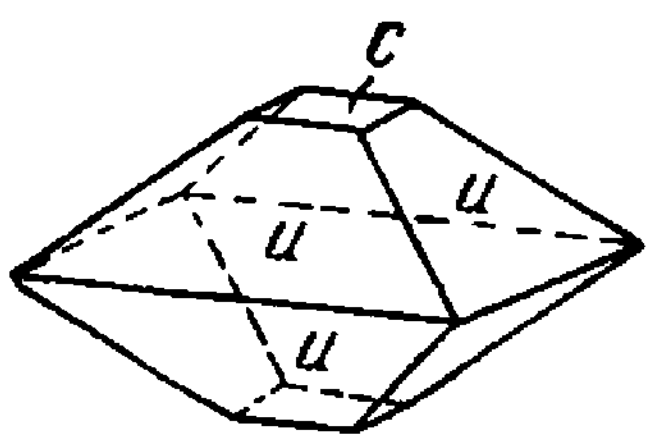
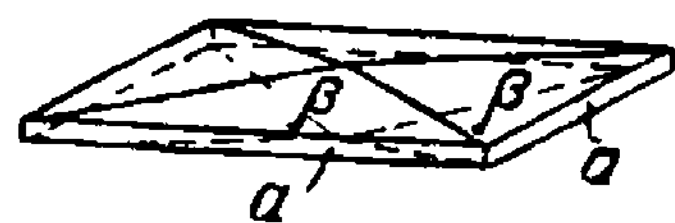


Рис. 33. Вульфенит. Формы кристаллов

Кристаллы таблитчатые, иногда исключительно тонкие; реже дипирамидальные или призматические (рис. 33). Встречаются также неправильные крупно- или мелкозернистые образования. Спайность по (111) ясная, по (001) и (113) менее отчетливая. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 2,5—3. Уд. вес 6,3—7,0. Блеск алмазный, смолистый. Цвет желтый различных оттенков, реже зеленоватый, сероватый, бурый. Черта белая. Немагнитный. Обла-

дает красной или желтой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Полупрозрачный. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,40—2,45$; $N_p = 2,28—2,31$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,12$. Оптически одноосный, отрицательный; иногда аномально двуосный.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. Разлагается при нагревании с HCl или концентрированной H_2SO_4 . Дает реакцию на Pb с иодистым калием и на Mo с ксантогеновокислым калием.

О с о б е н н о с т и м и н е р а л а в ш л и х а х. Встречается в шлихах очень редко в виде неправильных зерен или таблит-

чатых и пирамидальных полуразрушенных кристаллов, обладающих сильным блеском и яркой окраской.

Источники происхождения. Зона окисления свинцовых и цинковых месторождений.

Спутники. Галенит, церуссит, ванадинит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерному внешнему виду и растворимости в кислотах. Проверяется химической реакцией на Pb и Mo. От сходного с ним по внешнему виду ванадинита отличается положительной реакцией на Mo и отрицательной на V.

ГАДОЛИНИТ

Химический состав. $Y_2Fe \cdot Be_2Si_2O_{10}$. Может содержать значительные количества Ce, изоморфно замещающего Y.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические с базопинакоидом или остропирамидальными концами. Часто неправильные выделения. Спайности не наблюдается. Излом раковистый, занозистый. Хрупкий. Твердость 6,5—7. Уд. вес 4—4,65. Блеск стеклянный до смолистого. Цвет зеленовато-черный, черный, бурый. Черта зеленовато-серая. Часто содержит включения, вероятно редких земель. Слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного. Показатель преломления высокий и значительно колеблется: $N = 1,77—1,82$. $2V = 85^\circ$. Двупреломление низкое, некоторые разности совершенно изотропны. Оптически двуосный, положительный. cNg в зеленых разностях изменяется от 6 до 10° , в более темных разностях — от 12 до 15° . Довольно сильная дисперсия, $r > v$. Не плеохроичен.

Химические свойства. В HCl растворяется с выделением геля SiO_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в аллювиальных отложениях в виде узких и длинных, слегка окатанных кристаллов, окрашенных в зеленовато-бурый цвет.

Источники происхождения. Пегматитовые жилы.

Спутники. Ортит, берилл, анатаз, монацит, топаз, эвклаз, циртолит, иттриалит, фергюсонит и другие редкоземельные минералы.

Изменения. Переходит в аморфное состояние.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по оптическим свойствам. Проверяется спектральным и химическим анализом.

ГАЛЕНИТ

Синоним. Свинцовый блеск.

Химический состав. PbS . Часто содержит примеси Ag, реже Se, Zn, Cd, Sb, Bi, Cu и Au.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется обычно в кубах или кубооктаэдрах, реже в октаэдрах (рис. 34); также в прямоугольных таблитчатых образованиях или в неправильных зернах. Двойники по плоскости (111). Спайность по кубу весьма совершенная. Излом плоский, несовершеннораковистый до ровного. Твердость 2,5—3. Уд. вес 7,4—7,6. Блеск металлический. Цвет и черта свинцово-серые.

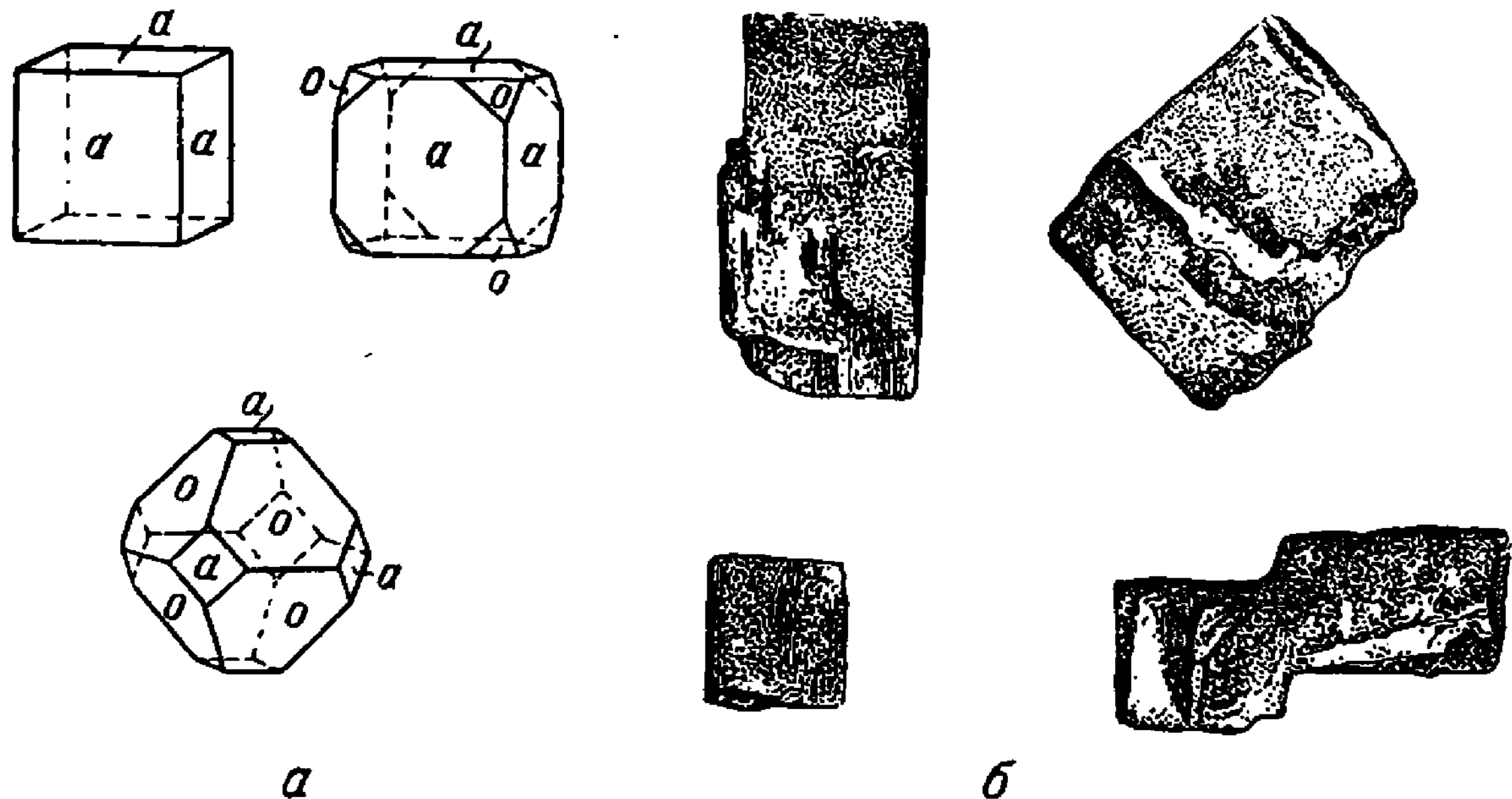


Рис. 34. Галенит

a—формы кристаллов; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Немагнитный. Слабый проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный. В отраженном свете серый до белого.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 . Дает реакцию на Рb с КJ.

Особенности минерала в шлихах. Как и прочие сульфиды, галенит в шлихах легко разрушается; поэтому встречается лишь вблизи коренных месторождений. Находится в шлихах в виде кубов, прямоугольных пластинок или в виде зерен с характерной ступенчатой поверхностью, образующейся вследствие дробления по совершенной спайности по кубу. С поверхности обычно покрывается черным или синеватым налетом; иногда покрывается белой пленкой церуссита, которая в большинстве случаев образует на поверхности прямоугольную сетку, приуроченную к трещинам спайности.

Источники происхождения. Металлоносные жилы в изверженных породах или в известняках и доломитах.

Спутники. Сфалерит, пирит, пирротин, халькопирит, барит, флюорит, церуссит, англезит.

Изменения. Легко окисляется, превращаясь в англезит и церуссит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов, совершен-

ной спайности и часто по налетам церуссита. Проверяется по растворимости в HNO_3 и химической реакцией на Pb.

От сходных с ним по внешнему виду сульфидов отличается совершенной спайностью и химической реакцией на Pb.

ГАМЛИНИТ (ГОЙЯЦИТ)

$\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{HPO}_4][\text{OH}]_6$. Минерал очень редкий.

Тригональной сингонии. Бесцветные или красновато-бурые кристаллы. Спайность по (0001) совершенная. Твердость 4,5. Уд. вес. 3,16—3,28.

$N_g = 1,630—1,638$; $N_p = 1,620—1,629$. $N_g—N_p = 0,009—0,010$. Оптически одноосный, положительный; иногда аномально двуосный. Плеохроизм: N_p — красновато-бурый; N_g — желтый.

ГАРТИТ

Основной фосфат и сульфат алюминия и стронция $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{SO}_4][\text{OH}]_6$. Тригональной сингонии. Твердость 4—5. Уд. вес 3,2—3,5. Минерал очень редкий. Встречается в виде розовых или мясо-красных окатанных галек в алмазоносных песках.

ГЕМАТИТ

Химический состав. Fe_2O_3 , иногда содержит примеси Ti и Mg.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы ромбоэдрические или таблитчатые по (0001), часто соединенные в параллельные или радиально расходящиеся пучки (железные розы). Грани (0001) обычно тонко истрихованы (рис. 35). Иногда гроздевидные, сталактитовые формы. Образует двойники по (0001). Спайность отсутствует. Излом неяснораковистый, неровный. В плотных разностях хрупкий. Тонкие листочки гибки. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 4,9—5,3. Блеск металлический, иногда матовый. Цвет стально-серый или железно-черный; в землистых разностях красноватый. Черта вишнево-красная. Средне магнитный. Хороший проводник электричества.

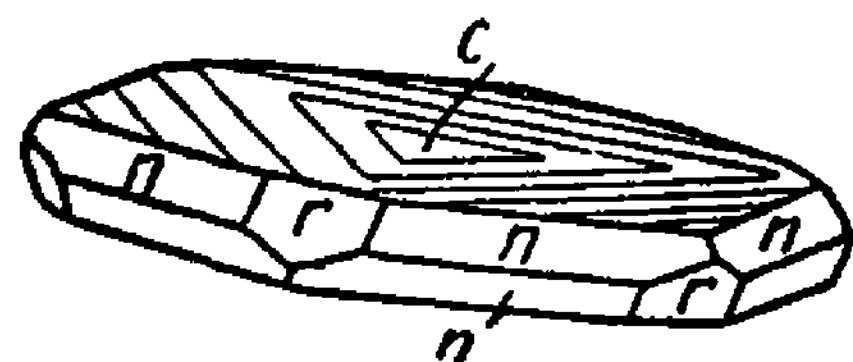


Рис. 35. Гематит. Форма кристалла

Оптические свойства. Непрозрачный; в тонких осколках имеет красный цвет и просвечивает. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 3,01—3,22$; $N_p = 2,74—2,94$. Двупреломление очень высокое: $N_g—N_p = 0,18—0,28$. Одноосный, отрицательный. В кроваво-красных разностях наблюдается слабый плеохроизм: N_e — желтовато-красный; N_o — буро-красный.

Химические свойства. В концентрированной HCl растворяется с трудом. Дает реакцию на Fe.

Особенности минерала в шлихах. Обычный минерал россыпей. Встречается в виде неправильных окатанных

зерен или плоских пластинок с тонкой штриховкой на гранях. Обладает характерными внутренними рефлексами красного цвета. В россыпях с поверхности обычно покрывается красноватым или бурым землистым налетом вследствие гидратации и превращения в лимонит.

Источники происхождения. Метаморфизованные кристаллические сланцы; металлоносные жилы и многие другие горные породы.

Спутники. Ильменит, магнетит, лимонит, турмалин, циркон, слюда, барит.

Изменения. Легко гидратизируется и превращается в лимонит.

Разновидности. *Мартит* — псевдоморфоза по магнетиту. Иногда магнитный. Отличается от магнетита красной чертой.

Слюдистый гематит — чешуйчатый или тонколистоватый.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по красным внутренним рефлексам и красно-бурому налету на поверхности зерен. По внешнему виду сходен с вольфрамитом, ильменитом и магнетитом. От вольфрамита отличается отсутствием химической реакции на W; от ильменита — внутренними рефлексами и отрицательной химической реакцией на Ti; от магнетита — меньшей магнитностью.

ГЕССИТ

Химический состав. Теллурид серебра — Ag_2Te .

Физические свойства. Кубической сингонии. Неправильные хорошо окатанные зерна мелкошестоватого или чешуйчатого сложения. Спайность неясная. Слегка режется ножом; на бумаге оставляет черную черту. Твердость 2,5—3. Уд. вес 8,24—8,45. Цвет свинцово-серый, стально-серый. Обычно содержит включения золота. Немагнитный.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Растворяется при нагревании в HNO_3 и H_2SO_4 . При растворении в HCl выделяется белый осадок AgCl . Дает реакции на Ag и Te.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях встречается очень редко, лишь вблизи коренных месторождений в виде свинцово-серых или железно-черных бесформенных зерен или искривленных кристаллов с синей или пестрой побежалостью. Часто напоминает тусклый черный шлак.

Источники происхождения. Жилы, содержащие теллуриды Ag и Au.

Спутники. Петцит, золото, серебро, пирит, касситерит и шеелит.

Изменения. С поверхности покрывается тусклым черным налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по растворимости в кислотах, небольшой твердости и по химическим реакциям на Ag и Te. По внешнему виду сходен с петцитом, от которого отличается лишь с помощью химического анализа.

ГИПЕРСТЕН

Химический состав. $(Mg, Fe)[Si_2O_6]$.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы короткопризматические, таблитчатые по (100) или (010). Обычно плотные неправильные образования. Спайность совершенная по (110), хорошая по (010) и реже по (100). Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5—6. Уд. вес 3,3—3,5. Блеск стеклянный; на плоскостях спайности перламутровый. Цвет коричневатозеленый, сероватозеленый, оливковый, коричневый. Черта сероватая, коричневатосерая. Часто содержит мелкие включения железных минералов. Слабо магнитный. Магнитность изменяется в зависимости от содержания железа. Умеренный проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до почти непрозрачного. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,69—1,73$; $N_p = 1,68—1,71$. $2V = 80^\circ$ (уменьшается с увеличением содержания Fe). Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,013$. Оптически двуосный, отрицательный. Плеохроизм сильный, особенно в разностях с большим содержанием Fe: N_p — розовый или красный; N_m — желтый; N_g — зеленый.

Химические свойства. Некоторые разности растворяются в HCl.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в призматических шероховатых зернах, часто содержащих значительное количество темных включений.

Источники происхождения. Трахиты, андезиты, норит, габбро и другие основные и ультраосновные изверженные породы, содержащие гиперстен.

Спутники. Другие пироксены.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется обычно по коричневатозеленой окраске и внешнему виду зерен. Проверяется по оптическим свойствам.

ГОРСЕЙКСИТ

Основной фосфат алюминия и бария— $BaAl_3[PO_4][HPO_4][OH]_6$.

Минерал очень редкий. Встречается в алмазоносных песках в виде окатанных бурых или белых галек микрокристаллического строения. Твердость 6. Уд. вес 3,1. Показатель преломления невысокий: $N = 1,63$. Оптически одноосный, положительный.

ГРАНАТ

Химический состав. $A_3B_2[SiO_4]_3$, где $A = Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}$; $B = Al, Fe^{3+}, Cr, Ti, Mn^{3+}$.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется обычно в додекаэдрах (110) и трапецоэдрах (211); часто в неправильных выделениях (рис. 36). Спайность несовершенная по (110). Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 6,5—7,5. Уд. вес, в зависимости от состава, колеблется в пределах 3,3—4,3. Блеск стеклянный до жирного. Цвет красный, бурый, желтый, зеленый, белый, черный. Черта белая. Со-

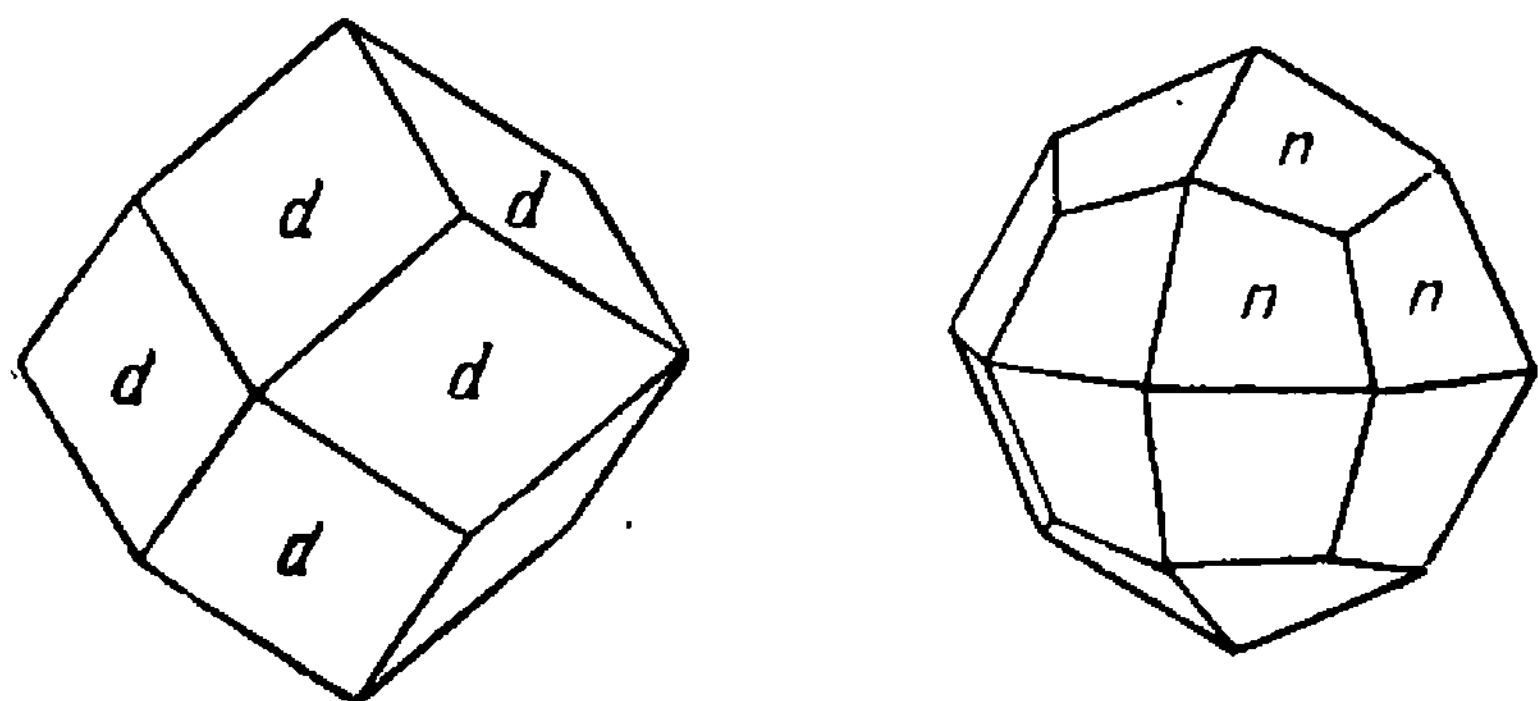


Рис. 36. Гранат. Формы кристаллов

держит включения железистых минералов, кальцита, везувиана, кварца. Магнитность изменяется в зависимости от содержания железа, гранат обычно попадает в электромагнитную фракцию. Плохой проводник электричества. Люминесценцией не обладает.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий, изменяющийся в зависимости от состава: $N = 1,71—1,89$. Изотропный; часто наблюдается ненормальное двойное преломление, объясняющееся внутренним напряжением.

Химические свойства. В кислотах почти не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Весьма распространенный минерал россыпей. Обычно встречается в хорошо сохраняющихся мелких кристаллах или в виде окатанных зерен и неправильных обломков различной окраски.

Источники происхождения. Изверженные и метаморфические породы, в особенности кристаллические сланцы и гнейсы; измененный известняк.

Спутники. Разнообразные, меняются в зависимости от источника происхождения.

Изменения. Продукты разложения зависят от состава граната. Превращаются гранаты в хлоритовое вещество, эпидот, кальцит, лимонит, амфибол и другие минералы.

Разновидности. Свойства основных разновидностей граната приведены в табл. 27.

Методы определения и отличие от других минералов. Гранат обычно определяется по окраске и форме кристаллов, высокому показателю преломления, изотропности или аномальной анизотропности. Определение удельного веса

Основные разновидности минералов группы граната

Разновидность	Окраска	Уд. вес	Спутники	Материнская порода
Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Бесцветный, белый, бледнозеленый, желтый, бурый, розовокрасный	3,53	Амфибол, диопсид, цоизит, титанит	Метаморфизованный известняк, сланец, сиенит
Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Темнокрасный, черный	3,51	Оливин, хромит, магнетит, ильменит, энстатит, пикотит	Перидотит, серпентин и сопутствующие им ультраосновные породы
Альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Темнокрасный, бурокрасный, черный	4,25	Мусковит, скаполит, турмалин, апатит, роговая обманка	Слюдяной сланец, гнейс, амфиболит
Спессартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Темный фиолетовокрасный, бурокрасный	4,18	Мусковит, железные минералы, турмалин, сфен	Пегматит, слюдяной сланец, кварцит
Андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$	Зеленовато-желтый, зеленый, красный, бурый, черный	3,75	Пироксен, амфибол, слюда, магнетит	Эклогит, сланец, гнейс
Уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$	Изумрудно-зеленый	3,41—3,52	Магнетит, ильменит, хромит, оливин, пироксен, эпидот, шпинель, амфибол	Серпентин, метаморфизованный известняк
Меланит (разновидность андрадита)	Черный, тусклый или блестящий	3,75	Как у андрадита	Как у андрадита
Шорломит $\text{Ca}_3(\text{Al, Fe, Ti})_2[(\text{Si, Ti})\text{O}_4]_3$	Черный	3,81—3,88	Как у андрадита	Как у андрадита

часто помогает диагностике граната. По свойствам близок к шпинели, от которой отличается магнитностью (шпинель никогда не обладает магнитными свойствами) и аномальным двупреломлением, никогда не наблюдающимся у шпинели. Часто отличие граната от шпинели сопряжено с большими трудностями. От флюорита отличается высоким показателем преломления; от алмаза — стеклянным блеском, магнитными свойствами и отсутствием люминесценции в катодных и ультрафиолетовых лучах; от рутила и циркона — высоким двупреломлением последних; рутил, кроме того, плеохроичен.

ДЕРБИЛИТ

$6\text{FeO} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{TiO}_2$? Призматические кристаллы ромбической сингонии. Твердость 5. Уд. вес 4,53. Цвет черный. Очень высокий показатель преломления: $N_g = 2,51$; $N_p = 2,45$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,06$. Оптически двуосный, положительный. Иногда аномально одноосный. $2V = 0^\circ$ или весьма малый. Минерал очень редкий. Встречается в мельчайших окатанных кристаллах.

ДЖАЛМАИТ (ДЪЯЛМАИТ)

$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Pb}, \text{Bi}, \text{Fe}) (\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti}, \text{Zr})_3\text{O}_9 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кубической сингонии. Кристаллы октаэдрического облика. Спайности не наблюдается. Излом неправильный. Твердость 5,5. Уд. вес 5,75—5,88. Цвет желто-бурый, зеленовато-бурый или буровато-черный. Блеск жирный. Изотропный. $N = 1,97$. Обнаружен в россыпях с аквамаринном, турмалином, самарскитом, колумбитом и висмутовыми минералами.

ДИАСПОР

Al_2O_3 , или $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ромбической сингонии. Призматические кристаллы со спайностью по (010). Твердость 6—7. Уд. вес 3,3—3,5. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет белый, желтый, серый. Прозрачный или просвечивающий. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,750$; $N_p = 1,702$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,048$. $2V = 84^\circ$. Двуосный, положительный. Иногда наблюдается плеохроизм от красновато-бурого до почти бесцветного. Дисперсия слабая, $r < v$. В шлихах встречается очень редко. Обнаружен в алмазоносных россыпях.

ДИОПСИД

Химический состав. $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ — известково-магнезиальный пироксен.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические, реже таблитчатые. Иногда двойники по (100) или по (001). Спайность ясная по (110), иногда по (100) и (010). Излом неровный. Твердость 5—6. Уд. вес 3,27—3,38.

Блеск стеклянный, иногда жирный. Цвет белый, бледнозеленый, серый, желтоватый; иногда темнозеленый, почти черный или синий. Часто бесцветный. Черта белая. Слабо магнитный. Умеренный проводник электричества, обладает красной или желтой люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,694—1,707$; $N_p = 1,664—1,681$. $2V = 58—60^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g—N_p = 0,023—0,031$. Оптически двуосный, положительный. $cN_g = 38—45^\circ$. Легкая дисперсия биссектрис, $r > v$. Не плеохроичен.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Присутствует в бесцветных, сероватых или зеленоватых зернах, сохраняющих иногда призматические очертания. Часто содержит включения ильменита, магнетита и апатита.

Источники происхождения. Изверженные породы, в особенности основного типа; гнейсы, сланцы и контактово-метаморфические породы.

Спутники. Другие пироксены, амфиболы.

Изменения. Иногда наблюдается превращение в серпентин, кальцит и эпидот.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по бледной окраске и форме зерен. Проверяется по высоким показателю преломления и двупреломлению и по углу погасания. По внешнему виду иногда сходен с кианитом, от которого отличается несколько более низким показателем преломления, высоким двупреломлением и большим углом погасания.

ЖЕЛЕЗО

Химический состав. Fe, обычно содержит примесь Ni.

Физические свойства. Кубической сингонии. Обычно сплошное, реже в кристаллах. Спайность по (100) совершенная. Излом крючковатый. Ковкое. Твердость 4—5. Уд. вес 7,0—7,8. Блеск металлический. Цвет стально-серый до железно-черного. Сильно магнитно. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачное.

Химические свойства. Растворяется в кислотах.

Особенности минерала в шлихах. Самородное железо встречается в россыпях исключительно редко в виде неправильных округлых зерен¹.

Источники происхождения. Базальты, перидотиты и другие основные породы. Реже в кислых породах.

Спутники. Пирротин, золото, платина, касситерит, хромит.

Разновидности. *Бобровкит* — природное никелистое же-

¹ В магнитной фракции часто присутствуют неправильные обломки и стружки железа, попадающего в шлих от лопаты или другого оборудования.

лезо Ni_5Fe_2 , мельчайшие чешуйки серебряно-белого цвета. Уд. вес около 8,5. Сильно магнитный.

Аваруит — природное никелистое железо Ni_2Fe .

Суэзит — природное никелистое железо Ni_3Fe .

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по сильной магнитности, окраске и внешнему виду зерен.

ЗОЛОТО

Химический состав. Au с примесью Ag, Cu, Fe, Ni и др.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в октаэдрах или в комбинациях куба с октаэдром. Хорошо образованные кристаллы встречаются редко, чаще наблюдаются древовидные, пластинчатые и неправильные образования. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Очень ковкое и тягучее. Твердость 2,5—3. Уд. вес 15,6—19,3. Блеск металлический. Цвет и черта золотисто-желтые, иногда с красноватым или зеленоватым оттенком. Немагнитное. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачное.

Химические свойства. В кислотах не растворяется, но растворимо в царской водке.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в неправильных древовидных или пластинчатых зернах с неровной поверхностью. Иногда с поверхности покрывается бурой железистой пленкой (рубашкой) и тогда может попадать в магнитную фракцию. Если при промывке шлихов применялась амальгамация, то золото покрывается с поверхности блестящим светло-серым налетом амальгамы, которая разрушается азотной кислотой.

Источники происхождения. Кварцевые жилы, связанные с изверженными или метаморфическими породами; кварцевые конгломераты; реже жилы кальцита.

Спутники. Пирит, платина, шпинель, циркон, монацит, магнетит, ильменит, иногда шеелит, флюорит.

Изменения. Иногда наблюдается потускнение поверхности зерен.

Разновидности. *Медистое золото (купроаурит)* — содержит до 20% меди.

Палладистое золото (порпецит) — содержит 5—11% палладия и до 4% серебра.

Висмутистое золото (бисмутаурит) — содержит до 4% висмута.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, блеску, малой твердости (при надавливании иглой остается след), высокому удельному весу. Проверяется по нерастворимости в кислотах и растворимо-

сти в царской водке. Золото трудно принять за другой минерал. При недостаточной опытности иногда за золото можно принять пирит и халькопирит, но оба эти минерала имеют значительно большую твердость, хрупки и обладают меньшим удельным весом. Кроме того, они легко растворяются в HNO_3 и разлагаются при прокаливании.

ИЛЬМЕНИТ

Синоним. Титанистый железняк.

Химический состав. FeTiO_3 , или $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$. Иногда примеси Mg и Mn .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Толстотаблитчатые кристаллы или острые ромбоэдри (рис. 37). Часто неправильные образования. Спайности не наблюдается. Излом раковистый, неровный. Твердость 5—6. Уд. вес 4,5—5,0.

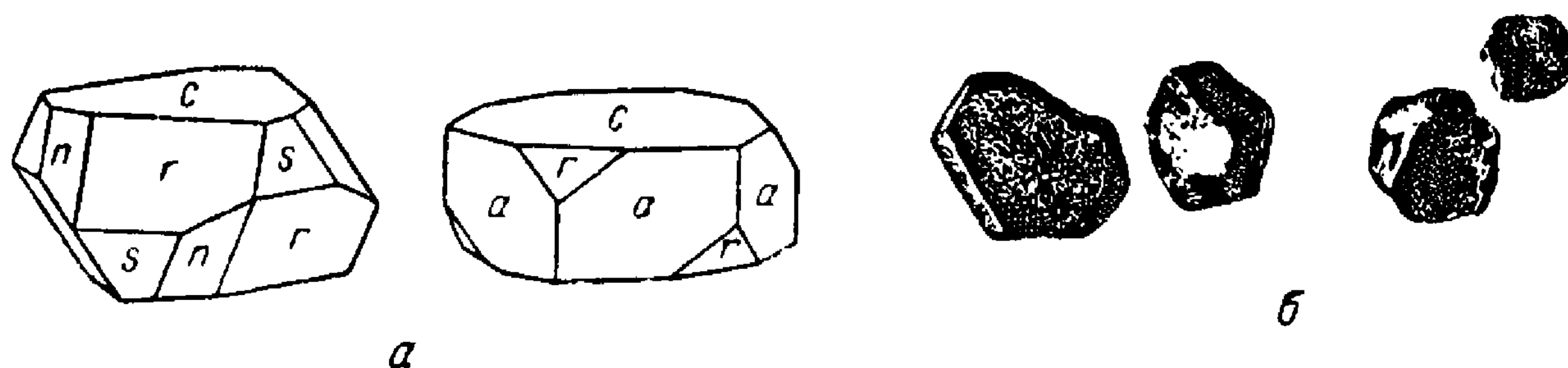


Рис. 37. Ильменит

a—формы кристаллов; *b*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Блеск металлический или металлоидный, часто с пурпурной побежалостью. Цвет железно-черный. Черта черная. Включения наблюдаются редко.

Средне магнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный. Края иногда просвечивают бурым цветом. Показатель преломления высокий. Двупреломление высокое.

Химические свойства. С трудом растворяется в HCl . После сплавления с $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в неправильных округлых или угловатых зернах; реже сохраняются плоские кристаллы в виде шестиугольных пластинок со скошенными краями. Иногда покрывается с поверхности беловатым налетом лейкоксена.

Источники происхождения. Обычный минерал многих изверженных пород, например гранита, габбро и других.

Спутники. Магнетит, гематит, апатит, сфен, рутил, кинит, топаз, ставролит, монацит.

Изменения. Обычно превращается в лейкоксен, реже в анатаз или смесь рутила и сидерита.

Разновидности. *Гейкилит* — магнезиальная разновидность ильменита $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{TiO}_3$. Твердость 6. Уд. вес 4. Цвет

синева- или коричнева-черный. $N_g = 2,31$; $N_p = 1,95$. Оптически одноосный, отрицательный. Слабый плеохроизм в красновато-бурых или пурпурных тонах.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов и по налетам лейкоксена. При отсутствии кристаллов и пленок лейкоксена определяется по химической реакции на Ti. От магнетита отделяется с помощью постоянного магнита небольшого напряжения. От колумбита — танталита отличается по отрицательной реакции на Nb и Ta с таннином; от хромита — по форме кристаллов и по отрицательной реакции на Cr.

КАЛЬЦИТ

Химический состав. CaCO_3 . Содержит незначительные примеси Mg, Fe, Zп и Pb, частично замещающих Ca.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы очень различного габитуса от тонкопластинчатых до длиннопризматических, иногда натечные формы. Часто двойники различного строения. Спайность по $(10\bar{1}1)$ весьма совершенная. Излом раковистый. Твердость 3. Уд. вес 2,6—2,8. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет белый, бледные оттенки желтого, красного или бурого; часто бесцветный. Черта белая.

Немагнитный. Плохой проводник электричества. Обладает яркой красной или желтой люминесценцией в катодных и рентгеновских лучах. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует фиолетовым, красным или голубовато-белым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий для N_g и низкий для N_p : $N_g = 1,658$; $N_p = 1,486$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,172$. Оптически одноосный, отрицательный. Иногда аномально двуосный, с $2V$, достигающим 30° .

Химические свойства. Растворяется в HCl с шипением. Смоченный HCl дает характерную для Ca окраску пламени.

Особенности минерала в шлихах. Обычно встречается в неправильных зернах, реже сохраняются кристаллы. Попадает в легкую фракцию вместе с кварцем и другими минералами небольшого удельного веса.

Источники происхождения. Кальцит — широко распространенный минерал как в осадочных, так и в изверженных породах. В последнем случае он образуется при разложении кальциевых силикатов.

Спутники. Сфалерит и другие сульфиды, барит и другие минералы, в зависимости от происхождения.

Изменения. Благодаря малой твердости и легкой растворимости, в шлихах быстро разрушается и не выдерживает переноса на значительные расстояния.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по низкому удельному весу, ра-

створимости в кислотах и высокому двупреломлению. От сходных с ним по внешнему виду кварца и полевых шпатов, выделяющихся совместно в легкой фракции, отличается по растворимости в кислотах и по оптическим свойствам.

КАССИТЕРИТ

Синоним. Оловянный камень.

Химический состав. SnO_2 . Иногда содержит примеси Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , Fe_2O_3 .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Кристаллы призматические или бипирамидальные, иногда очень тонкие, игольчатые. Грани призмы часто имеют вертикальную штриховку. Иногда коленчатые двойники по (101) (рис. 38).

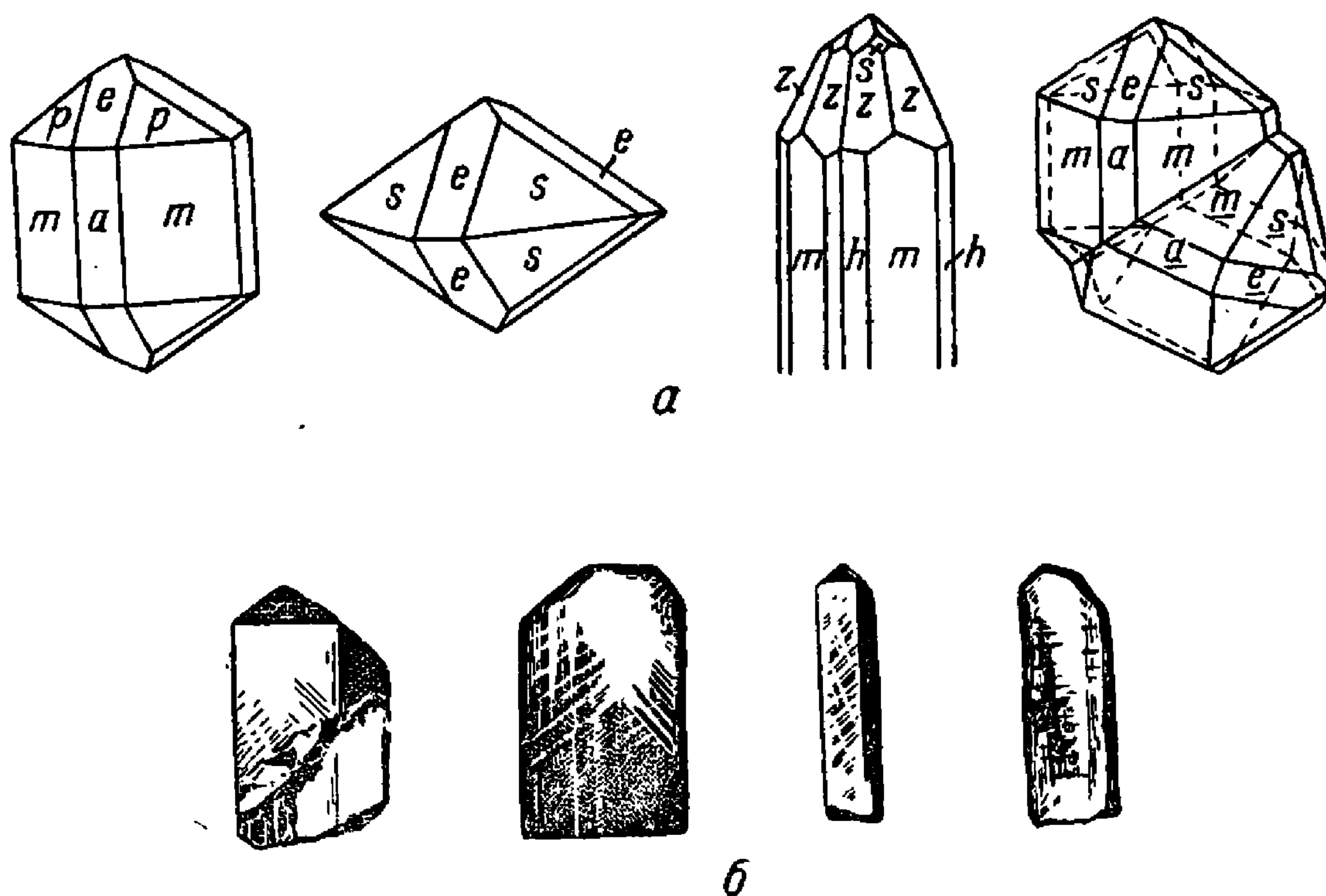


Рис. 38. Касситерит

a—формы кристаллов; *b*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Спайность по (100) несовершенная, по (111) неясная, по (110) едва заметная. Излом неяснораковистый до неровного. Твердость 6—7. Уд. вес 6,8—7,1. Блеск алмазный, жирный, иногда стеклянный. Цвет бурый, черный, иногда красный, зеленоватый, желтый, серый, бесцветный. Часто окраска распределяется неравномерно — полосами или неправильными пятнами. Черта черных разностей — бурая; светлые разности черты не дают. Обычно касситерит немагнитен, но иногда встречаются магнитные разновидности. Умеренный проводник электричества.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 2,093$; $N_p = 1,997$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,096$. В темных разностях интерференционная окраска часто маскируется естественным цветом минерала. Оптиче-

ски одноосный, положительный, но иногда дает аномально двуосную фигуру с небольшим углом оптических осей. Прямое погасание параллельно ребру призмы. Окрашенные разности иногда плеохроичны: *Ne* — бесцветный, золотисто-желтый, серый; *No* — красный, бурый, черный.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. На цинковой пластинке в присутствии HCl восстанавливается до металлического олова, отлагающегося ровной пленкой на поверхности минерала. Металлический налет можно удалить с зерен касситерита; для этого их помещают на часовое стекло и нагревают с несколькими каплями HCl . Полученный раствор при прибавлении капли какотелина окрашивается в фиолетовый цвет.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в виде неправильных, окатанных зерен, поверхность которых часто покрыта трещинками и мелкими углублениями. Реже сохраняются призматические кристаллы, оканчивающиеся тетрагональной пирамидой. Иногда коленчатые двойники. Окраска самая разнообразная — от бесцветной до черной. Изредка встречаются натечные радиальнолучистые образования с концентрическим наращиванием тонких слоев (деревянистое олово).

Источники происхождения. Граниты и связанные с ними жилы и пегматиты; грейзены; контактово-метаморфические породы.

Спутники. Топаз, турмалин, вольфрамит, шеелит, апатит, аксинит, берилл, флюорит.

Изменения. Иногда наблюдается потускнение с поверхности.

Разновидности. *Деревянистое олово* — грозде- и почковидные натечные образования концентрически-полосчатой и радиальнолучистой структуры.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по высокому удельному весу, блеску, окраске и форме зерен. Проверяется пленочной реакцией с HCl на цинковой пластинке и по оптическим свойствам. Благодаря исключительному разнообразию внешнего вида касситерита, его легко пропустить при минералогическом анализе шлихов. Поэтому при определении касситерита рекомендуется для контроля всю тяжелую фракцию шлиха обрабатывать соляной кислотой на цинке при нагревании для восстановления оловянного камня до металлического олова.

По внешнему виду сходен с рутилом и цирконом; реже с монацитом и сфеном. От всех этих минералов отличается реакцией восстановления на цинковой пластинке с помощью HCl .

КВАРЦ

Химический состав. SiO_2 .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Призматические кристаллы, оканчивающиеся пирамидами или ромбо-

эдрами, иногда дипирамидальные формы (рис. 39). Грани призмы обычно горизонтально исстрихованы. Кристаллы иногда искажены и изогнуты. Часто образует друзы и лучистые скопления. Двойники различного вида. Спайность неясная. Излом раковистый, занозистый. В кристаллах хрупкий. Твердость 7. Уд. вес 2,65—2,66. Блеск стеклянный, иногда в темных разностях жирный. Чистые разности кварца бесцветны, примеси окрашивают его в желтый, розовый, бурый, зеленый, синий или черный цвет. Черта у чистых разностей белая, у темных — окрашена в цвет минерала, но несколько бледнее. Часто содержит включения рутила, силлиманита, турмалина, эпидота, ильменита и других минералов; иногда жидкие (вода) или газообразные включения. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Об-

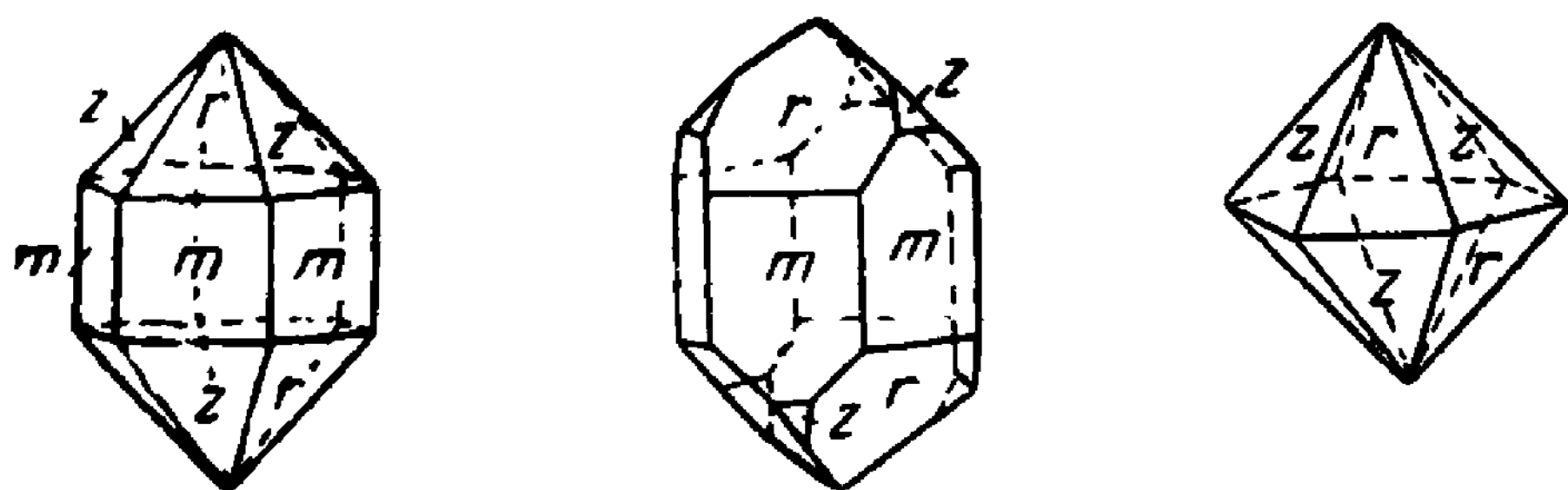


Рис. 39. Кварц. Формы кристаллов

ладает слабой синей, розовой или фиолетовой люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Низкий показатель преломления: $N_g = 1,553$; $N_p = 1,544$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,009$. Оптически одноосный, положительный; изредка аномально двуосный. Прямое погасание параллельно ребру призмы или вертикальной оси. Не плеохроичен.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается повсеместно в виде кристаллов призматического или пирамидального габитуса. Окраска разнообразная.

Источники происхождения. Изверженные породы, главным образом кислые; в меньшей степени средние и основные. Песчаники. Пегматиты, кварцевые жилы, рудные тела. Кристаллические метаморфические породы. Отложения горячих ключей и гейзеров.

Спутники. Разнообразные, в зависимости от происхождения.

Изменения. Кварц — один из наиболее устойчивых минералов россыпей.

Разновидности. *Аметист* — пурпурная или фиолетовая разновидность кварца. Окраска, очевидно, от Mn.

Желтый кварц (цитрин, ложный топаз) — желтый прозрачный кварц, похожий в шлихах на золотистый топаз.

Авантюрин — кварц с блестящими включениями чешуек слюды или гематита.

Халцедон, агат, яшма — скрытокристаллические разновидности кварца.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов, стеклянному блеску, цвету, высокой твердости и отсутствию спайности. Проверяется по низкому удельному весу и по оптическим свойствам. По внешнему виду сходен с топазом, алмазом, андалузитом, силлиманитом и другими минералами шлихов. От всех этих минералов отличается более низким удельным весом и оптическими свойствами.

КИАНИТ

Синоним. Дистен.

Химический состав. $Al_2[SiO_4]O$, или $Al_2O_3 \cdot SiO_2$.

Физические свойства. Триклинной сингонии. Длинные плоские кристаллы, редко с головками, расширяющиеся к концам, (рис. 40). Спайность по (100) весьма совершенная, по

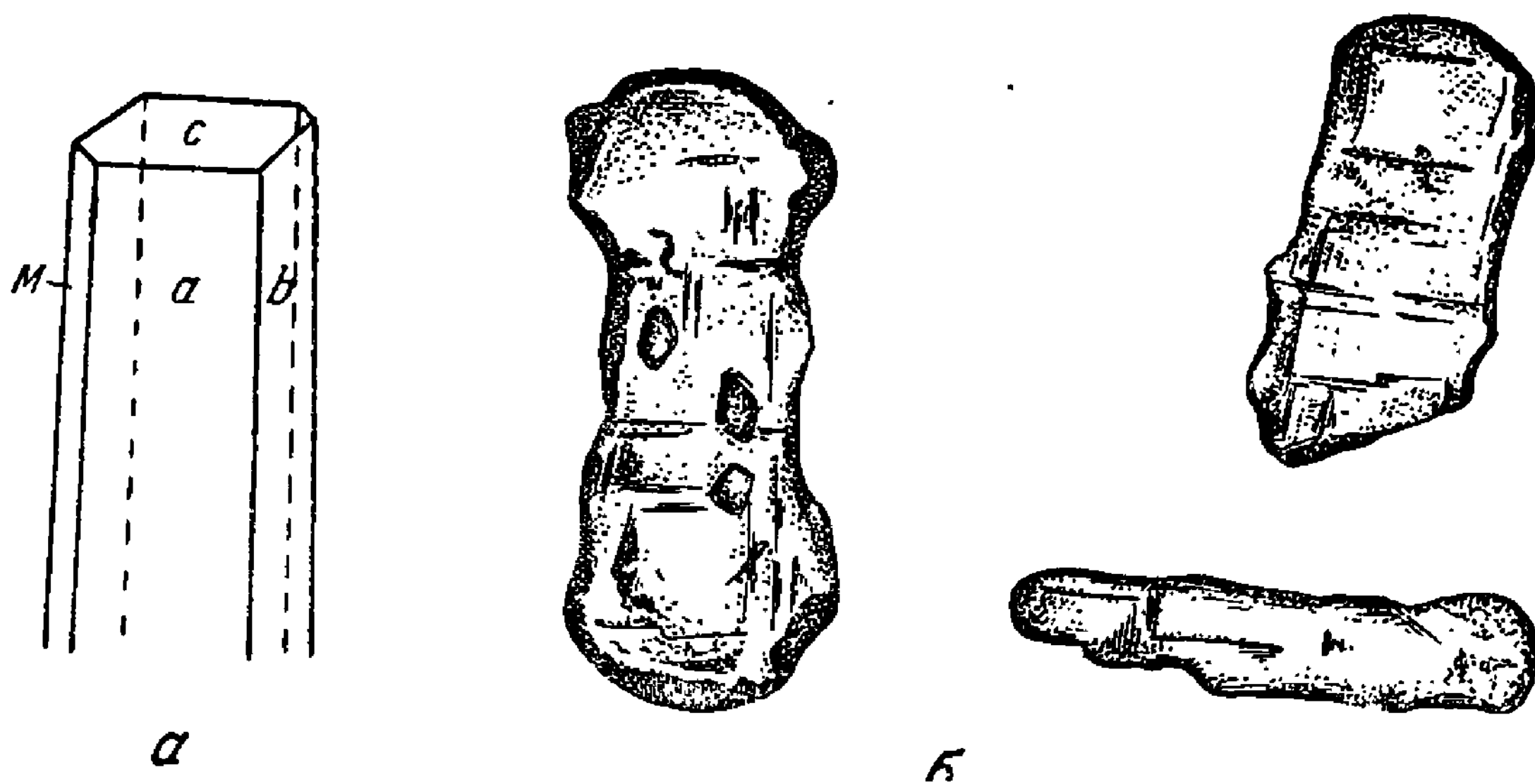


Рис. 40. Кианит

a—форма кристалла; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

(010) менее совершенная; также отдельность по (001). Излом неровный, занозистый. Твердость 5—7; не одинакова в различных направлениях: на грани (100), параллельно оси *c*, твердость 4—5, а на грани (100), параллельно ребру (100)/(001), — твердость 6—7, на грани (010) — 7. Уд. вес 3,5—3,7. Блеск стеклянный до перламутрового. Цвет синий, белый, бесцветный; иногда синий в середине кристалла и белый по краям; реже зеленый и серый. Черта бесцветная. Часто содержит включения минералов железа и углистого вещества. Немагнитный. Плохой проводник электричества. В катодных лучах люминесцирует малиново-красным цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Высокий показатель преломления: $N_g = 1,729$; $N_p = 1,713$. $2V = 82^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,015$. Двуосный, отрицательный. Косое погасание: на (100) $cN_g = 27-30^\circ$; погасание на (010) $cN_g' = 5-8^\circ$. В окрашенных разностях ясный плеохроизм: N_p — бесцветный, N_m — фиолетово-синий, N_g — темносиний.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в окатанных бледноглубых часто неравномерно окрашенных призматических зернах или в виде плоских длинных зерен, расширяющихся по концам и имеющих ланцетовидную форму. Поверхность минерала часто покрыта мелкими трещинками.

Источники происхождения. Гнейсы, слюдяные сланцы и сопровождающие их пегматиты.

Спутники. Ставролит, гранат, андалузит, монацит, корунд, циркон, силлиманит, ильменит.

Изменения Превращается в мусковит и хлорит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерной форме зерен и весьма совершенной спайности; проверяется по оптическим свойствам. От сходных с ним по внешнему виду бесцветных и бледноглубых минералов например, силлиманита, топаза, андалузита отличается по спайности, косому погасанию и более высокому показателю преломления.

КИНОВАРЬ

Химический состав. HgS .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Ромбоэдрические или толстотаблитчатые кристаллы, кристаллические корочки и землистые налеты. Спайность по $(10\bar{1}0)$ совершенная. Излом несовершеннораковистый, неровный. Твердость 2—2,5. Уд. вес 8,0—8,2. Блеск алмазный, жирный. Цвет красный. Черта алая. Немагнитная. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачная до непрозрачной. Очень высокий показатель преломления: $N_g = 3,27$; $N_p = 2,91$. $N_g - N_p = 0,359$. Оптически одноосная, положительная. Обнаруживает сильную круговую поляризацию.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. Растворяется в царской водке и смеси HCl с H_2O_2 . Для определения киновари пользуются следующей реакцией: в ушке платиновой проволоки расплавляют небольшое количество соды и раскаленным шариком соды прикасаются к зерну минерала; киноварь при этом разлагается с выделением мелких серых капель ртути, которые особенно отчетливо наблюдаются под биноклем.

Особенности минерала в шлихах. Обычно обнаруживается в виде мелких окатанных зерен. Встречается в шли-

хах очень редко, так как благодаря малой твердости легко разрушается при перемещении.

Источники происхождения. Жилы в осадочных породах (сланцах, глинах, песчаниках и известняках).

Спутники. Пирит, антимонит, реальгар, золото, барит, флюорит.

Изменения. Покрывается тусклым налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, блеску и химической реакции на Hg с раскаленной содой. По внешнему виду иногда сходна с рутилом, от которого отличается при помощи той же реакции.

КЛИНОЦОИЗИТ

Химический состав. $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$. Минерал из группы эпидота, образующий с ним непрерывный изоморфный ряд.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические, по виду сходные с эпидотом. Твердость 6,5. Уд. вес 3,35—3,38. Блеск стеклянный. Бесцветный; серый, желтый, зеленый, розовый. Черта бесцветная. Немагнитный или слабо магнитный.

Оптические свойства. Показатель преломления и двупреломление ниже, чем у эпидота: $N_g = 1,734$; $N_p = 1,724$. $N_g - N_p = 0,010$. $2V = 85^\circ$. Оптически двуосный, положительный. Темные разности слегка плеохроичны.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Минерал редкий. Встречается в шлихах в бесцветных или серых призматических окатанных кристаллах или в неправильных зернах.

Источники происхождения. Те же, что у эпидота: кристаллические сланцы, контактово-метаморфические породы.

Спутники. Эпидот, цоизит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по оптическим свойствам. Весьма близок к минералам группы эпидота. От эпидота отличается более низким показателем преломления и двупреломлением; от цоизита — более высоким показателем преломления, косым погасанием и отсутствием темносиней интерференционной окраски.

КОБАЛЬТИН (КОБАЛЬТОВЫЙ БЛЕСК)

CoAsS . Кубической сингонии. Кристаллизуется в кубах или пентагональных додекаэдрах. Чаще в неправильных зернах. Спайность по кубу довольно совершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5,5. Уд. вес 6,1—6,3. Блеск металлический. Цвет серебристо-белый, светлосерый. Немагнитный. Непрозрачный. Растворяется в HNO_3 , выделяя S и As_2O_3 . Дает реакцию на Co и As.

Встречается в шлихах исключительно редко в виде неправильных зерен светлосерого цвета. Сопровождается другими минералами Co и Ni, пиритом и турмалином. Единичные зерна кобальтина встречаются как редкость в некоторых элювиальных россыпях.

КОЛУМБИТ—ТАНТАЛИТ

Химический состав. $(\text{Fe}, \text{Mn}) (\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$. Непрерывный изоморфный ряд, крайними членами которого являются колумбит — почти чистый ниобат $(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Nb}_2\text{O}_6$ и танталит — почти чистый танталат железа FeTa_2O_6 . Часто содержат примеси Sn и W.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Образует короткопризматические или таблитчатые по (100) кристаллы. Часто наблюдается прямоугольная призма с преобладанием трех пинакоидов. Иногда призма оканчивается остроконечной пирамидой (рис. 41). На плоскости (100) часто заметна тон-

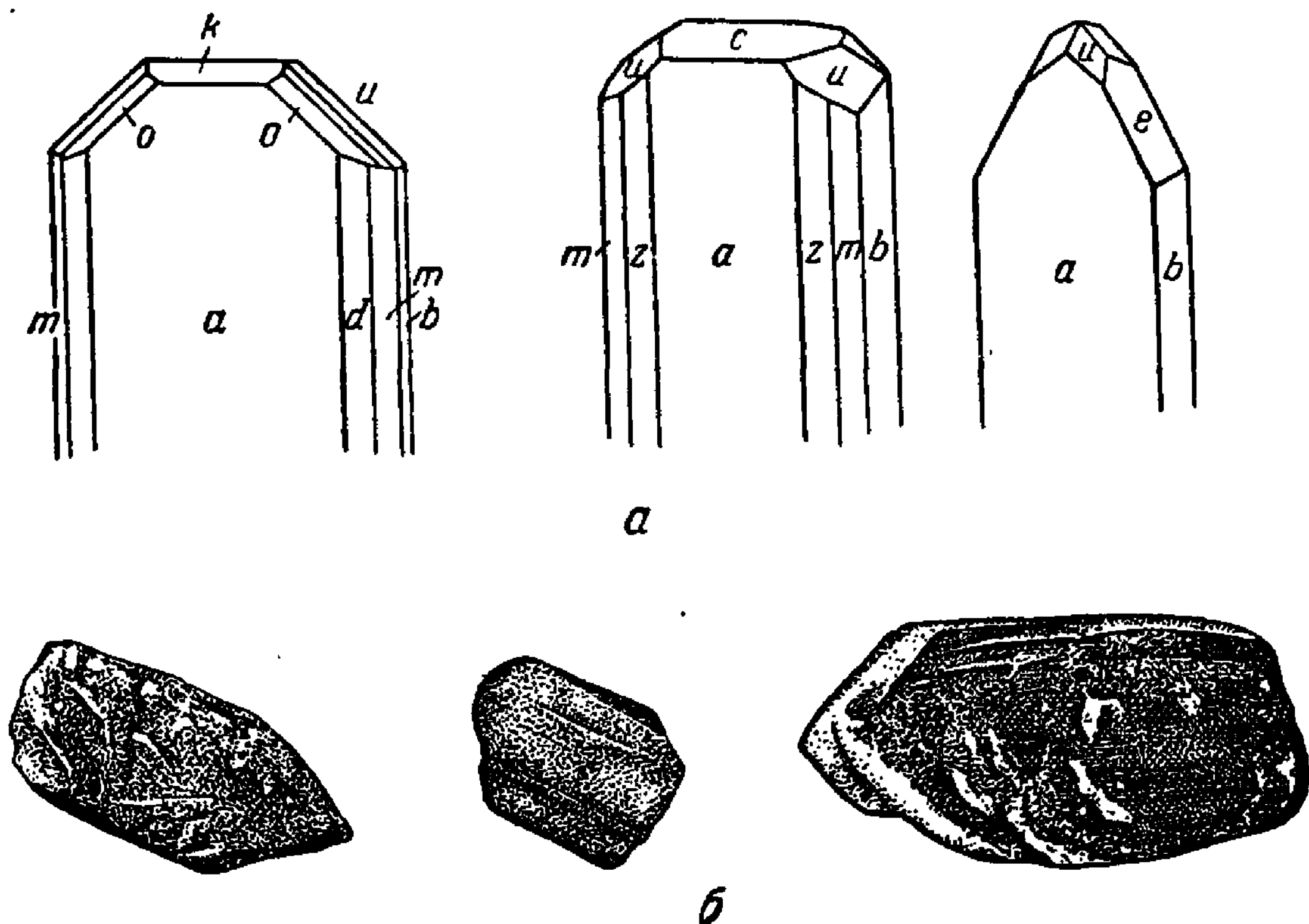


Рис. 41. Колумбит

a—формы кристаллов; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

кая «перистая» двойниковая штриховка. Образует сердцевидные двойники и параллельные сростки удлиненных таблитчатых кристаллов; иногда неправильные выделения. Спайность по (100) ясная, по (010) менее ясная. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 6. Уд. вес 5,15 до 8,20, в зависимости от содержания Ta_2O_5 и Nb_2O_5 . Блеск полуметаллический, часто очень сильный. Цвет серовато-черный и буровато-черный. Черта зеленовато-черная или буровато-черная. Часто содержит мелкие включения касситерита. Слабо магнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Показатель преломления высокий: $N_g = 2,25—2,43$; $N_p = 2,15—2,26$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,10—0,17$. Двуосный. Колумбит, вероятно, оптически отрицательный; танталит — оптически положительный. Иногда плеохроирует.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ и растворения полученного сплава в горячем 1%-ном растворе таннина в 5%-ной H_2SO_4 выделяет тяжелый хлопьевидный осадок оранжево-красного цвета.

Дает пленочную реакцию с $K_2S_2O_7$ (см. стр. 38).

Особенности минерала в шлихах. Встречается в блестящих окатанных кристаллах или неправильных зернах черного цвета. Иногда призматические кристаллы колумбита по внешнему виду сходны с вольфрамитом.

Источники происхождения. Гранит, пегматит, металлоносные жилы.

Спутники. Касситерит, вольфрамит, турмалин, берилл, ильменит, магнетит, рутил, монацит.

Изменения. На поверхности зерен наблюдается потускнение и побежалость.

Разновидности. *Манганотанталит* — танталит, в котором Fe замещено Mn. Красновато-бурый минерал, значительно более прозрачный, нежели ожелезненные разновидности. Часто встречается в тонких игольчатых кристаллах, собранных в радиально-лучистые агрегаты.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду и высокому удельному весу. Проверяется пленочной реакцией. Наиболее надежной реакцией, отличающей танталит—колумбит от всех других черных минералов, является пленочная реакция с $K_2S_2O_7$ и качественное химическое определение с таннином. Танталит от колумбита можно отличить по удельному весу, который увеличивается пропорционально повышению содержания Ta_2O_5 . Удельный вес чистого колумбита равен 5,3, чистого танталита — 7,3.

БОРДИЕРИТ

Синонимы. Иолит, дихроит.

Химический состав. $Al_3(Mg, Fe)_2[Si_5AlO_{18}]$.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Образует короткопризматические кристаллы. Обычно встречается в неправильных зернах. Спайность по (010) ясная, по (100) и (001) неясная. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 7—7,5. Уд. вес 2,60—2,66. Блеск стеклянный. Цвет голубой, серый, зеленоватый, желтоватый. Черта бесцветная. Часто содержит включения различных минералов. Немагнитный или слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления низкий, изменяется в зависимости от состава. $N_g = 1,539—1,570$; $N_p = 1,532—1,552$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,003—0,011$. Оптически двуосный, отрицательный. Угол оптических осей изменчив, заметно варьирует даже в разных частях одного кристалла. Обычно плеохроичен: N_p — желтоватый, зеленый; N_m — фиолетовый, темносиний; N_g — светлосиний, желтый, бурый.

Химические свойства. В кислотах с трудом и лишь частично разлагается.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в бледноокрашенных, полуразрушенных окатанных зернах, сохраняющих иногда форму ромбоэдра. Обычно содержит мелкие включения циркона, апатита, монацита, кварца и других минералов, часто окруженных плеохроичными двориками. Иногда плеохроизм так сильно развит, что виден невооруженным глазом, особенно если минерал смочен. Легко разрушается, поэтому в шлихах встречается редко, лишь вблизи коренных месторождений.

Источники происхождения. Контактново-метаморфические породы, например кристаллические сланцы, гнейсы. Реже гранит и кислые изверженные породы.

Спутники. Турмалин, амфибол, андалузит, силлиманит, кианит, берилл, циркон, монацит, ториацит.

Изменения. Легко превращается в различные гидрослюды.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, форме кристаллов, наличию включений, сильному плеохроизму и небольшому удельному весу. При минералогическом анализе шлихов выделяется в легкой фракции с кварцем и другими минералами малого удельного веса. От кварца отличается двуосной интерференционной фигурой, плеохроизмом и слабой магнитностью, которая у кордиерита наблюдается очень часто.

КОРУНД

Химический состав. Al_2O_3 .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы гексагонально-пирамидального габитуса, иногда с призмой; часто бочонковидные; также острые гексагональные бипирамиды (рис. 42). Образует двойники прорастания по $(10\bar{1}1)$. Спайности не наблюдается. Излом неровный, раковистый. Хрупкий. Твердость 9. Уд. вес 3,95—4,10. Блеск алмазный, стеклянный; по (0001) перламутровый. Цвет белый, серый, желтый, синий (сапфир), красный (рубин). Часто окраска распределяется неравномерно — пятнами. Черта бесцветная. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Обладает голубой или красной люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,765—1,771$; $N_p = 1,759—1,763$. Двупреломление слабое: $N_g - N_p = 0,008$. Оптически одноосный, отрицательный. Часто дает аномально двуосную фигуру с небольшим углом оптических осей. Яркоокрашенные разности плеохроичны: N_e — зеленый, синий или бесцветный; N_o — синий.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в характерных бочонковидных или призматических, слегка окатанных кристаллах или в неправильных зернах.

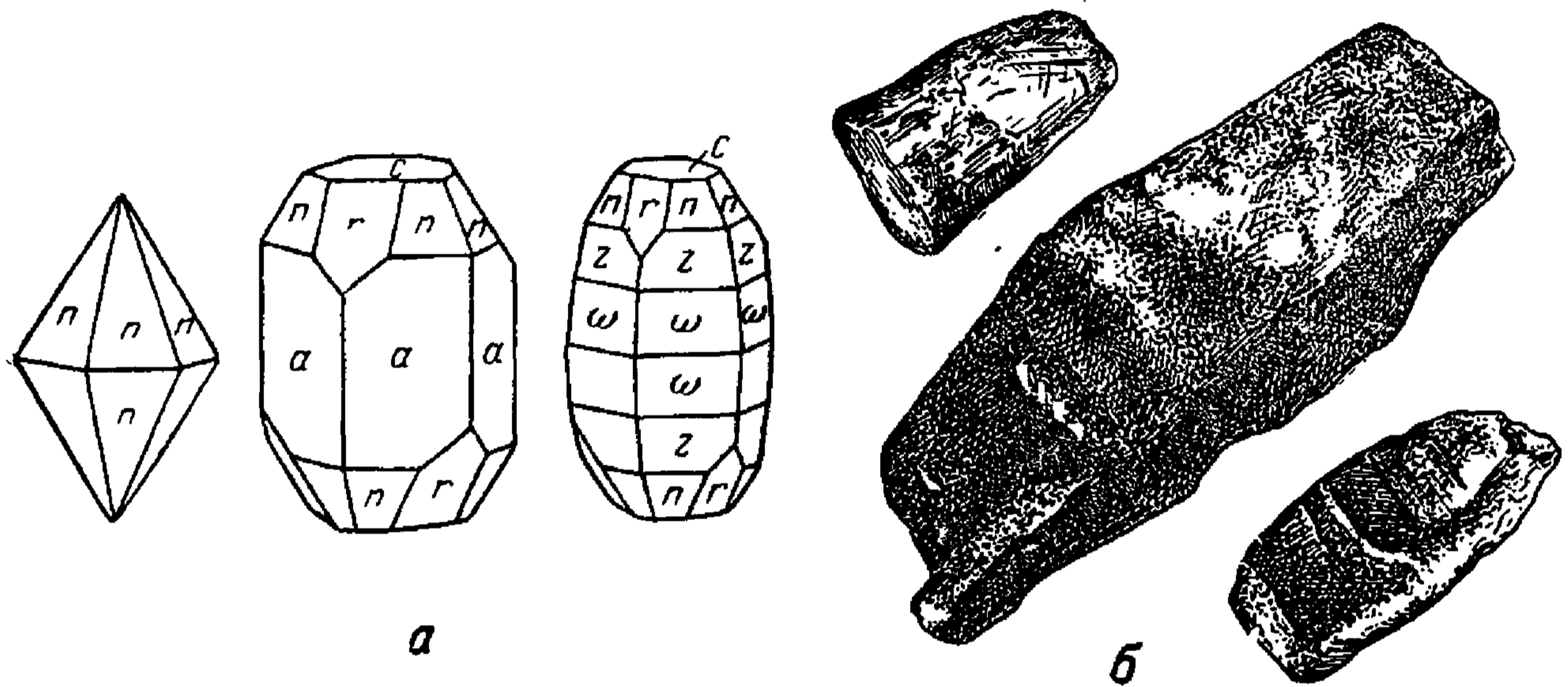


Рис. 42. Корунд

а—формы кристаллов; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Источники происхождения. Изверженные и метаморфические породы, в особенности контактово-метаморфизованные известняки; также гнейс.

Спутники. Турмалин, шпинель, кианит, силлиманит, гранат, циркон, слюды.

Изменения. Превращается в корундофиллит, мусковит, кианит, шпинель, силлиманит.

Разновидности. *Рубин* — красный, прозрачный корунд и *сапфир* — синий корунд; драгоценные камни.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске кристаллов, высокой твердости и нерастворимости в кислотах. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, низкому двупреломлению и плеохроизму окрашенных разностей. По внешнему виду может быть сходен с гранатом и красной шпинелью, от которых отличается по изотропности последних. От топаза отличается более высоким показателем преломления.

ВСЕНОТИМ

Химический состав. YPO_4 . Примеси Er , Ce , Si и Th .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. В призматических кристаллах, сходных с кристаллами циркона,

иногда в сростании с цирконом. Спайность по (110) совершенная. Излом неровный, занозистый. Твердость 4—5. Уд. вес. 4,45—4,59. Блеск смолистый, стеклянный. Цвет желтый, бурый, розовый, белый. Черта светлорусая или желтая. Умеренно магнитный. Иногда встречаются немагнитные разновидности. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,816$; $N_p = 1,721$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,095$. Оптически одноосный, положительный. Плеохроизм слабый от бледножелтого до темнорусого или зеленого.

Химические свойства. В HCl не растворяется. После сплавления с КОН дает реакцию на Р с молибденовокислым аммонием.

Особенности минерала в шлихах. Встречается обычно в бледноокрашенных, слегка окатанных призматических кристаллах; по внешнему виду весьма сходен с окрашенным цирконом.

Источники происхождения. Граниты, пегматиты, гнейсы.

Спутники. Монацит, циркон, рутил, анатаз, торианит, корунд.

Изменения. Помутнение прозрачных кристаллов и образование поверхностных пленок из продуктов разложения, состоящих, очевидно, из редких земель.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду зерен. Проверяется по оптическим свойствам и химической реакцией на Р. По виду и оптическим свойствам весьма близок к циркону, от которого отличается только химической реакцией на Р.

ЛАЗУЛИТ (МОЛЛИТ)

$(Mg, Fe^{2+})Al_2[PO_4]_2[OH]_2$. Окатанные синие зерна с неровным изломом и стеклянным блеском. Твердость 5—6. Уд. вес 2,96—3,1. Прозрачный до непрозрачного. $N_g = 1,634 - 1,642$; $N_p = 1,603 - 1,616$. $2V = 69^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,036 - 0,038$. Оптически двуосный, отрицательный. Плеохроичен: N_p — бесцветный; $N_g = N_m$ — голубой. В кислотах не растворяется. После сплавления с КОН дает реакцию на Р. Очень редкий минерал. Обнаружен в алмазоносных россыпях.

ЛАУРИТ

Сульфид Ru и Os, главным образом RuS_2 . В мелких октаэдрах или зернах. Спайность по (111). Твердость 7,5. Уд. вес 6,99. Блеск металлический. Цвет железно-черный. Встречается в платиновых россыпях.

ЛЕЙКОКСЕН

Химический состав. $TiO_2 \cdot nH_2O$, продукт разложения ильменита.

Физические свойства. Скрытокристаллический. Встречается в виде неправильных зерен или псевдоморфоз по ильмениту. Удельный вес изменяется от 3,5 до 4,5. Блеск тусклый. Цвет белый, желтый, коричневый, зеленоватый. Немагнитный. Умеренный проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного. Высокий показатель преломления и высокое двупреломление, заметные в просвечивающих осколках.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Обычно встречается в округлых фарфоровидных непрозрачных зернах, окрашенных в белый или желтоватый цвет. Часто отлагается пленкой на поверхности ильменита; иногда незначительные остаточные включения ильменита сохраняются лишь в центральных частях лейкоксена. Зерна обладают магнитностью, степень которой изменяется в зависимости от количества ильменита. Поверхность лейкоксена гладкая, хорошо окатанная, реже грубая, шероховатая.

Источники происхождения. Продукт изменения ильменита и других титановых минералов.

Спутники. Ильменит.

Местонахождение. Широко распространенный минерал россыпей, весьма часто сопровождающий ильменит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерному внешнему виду зерен, похожих на окатанные обломки фарфора. Проверяется химической реакцией на Ti . В шлихах зеленоватые разности лейкоксена иногда сходны с бисмутитом, от которого отличаются нерастворимостью в HCl и отсутствием реакции на Vi с цинхином.

ЛЕНИДОЛИТ

Синоним. Литиевая слюда.

Химический состав. $KLi_2Al[Si_4O_{10}][F, OH]_2$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Таблитчатые по (001) кристаллы с псевдогексагональными очертаниями. Часто чешуйчатые или листовато-пластинчатые агрегаты. Спайность весьма совершенная по (001). Излом неправильный. Твердость 2—4. Уд. вес 2,8—2,9. Блеск стеклянный до жемчужного. Цвет лиловый, лиловато-розовый, белый, желтый, серый, розовый. Немагнитный. Непроводник электричества. Обладает красной люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления низкий: $N_g = 1,56$; $N_p = 1,53$.

$2V$ меняется от 0 до 50° . Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,024$. Оптически двуосный, отрицательный. Иногда дает псевдоодноосную фигуру. В некоторых разностях наблюдается отчетливый плеохроизм: N_p — бесцветный; $N_g = N_m$ — сиреневый или розовый. Дисперсия: $r > v$.

Химические свойства. Кислотами частично разлагается.

Особенности минерала в шлихах. Встречается, как и другие слюды, в неправильных осколках по спайности, обладающих характерной сиреневой или розовой окраской.

Источники происхождения. Граниты, пегматиты.

Спутники. Сподумен, мусковит, топаз, берилл, касситерит и другие минералы.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске и совершенной спайности. Проверяется по оптическим свойствам.

ЛИМОНИТ

Химический состав. $n\text{FeO}_2 \cdot aq$ или $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; содержание воды колеблется в широких пределах.

Физические свойства. Скрытокристаллический минерал. Обычно встречается в виде натечных, гроздевидных образований, а также в виде конкреций и оолитов. Твердость 5—5,5. Уд. вес 3,3—4,0. Блеск шелковистый, полуметаллический, иногда матовый. Цвет бурый. Черта желтовато-бурая. Магнитные свойства колеблются в зависимости от степени изменения первичного минерала, в результате разрушения которого образовался лимонит. Чистый лимонит слабо магнитен. Умеренный проводник электричества. В катодных лучах люминесцирует красным цветом.

Оптические свойства. Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает. Показатель преломления очень высокий: $N = 2,05$.

Химические свойства. Легко растворяется в HCl с образованием желтого раствора, дающего реакцию на Fe^{+++} .

Особенности минерала в шлихах. Встречается очень часто в россыпях в виде неправильных зерен или псевдоморфоз по пириту, магнетиту и другим железистым минералам. Иногда с поверхности минерал покрывается плотной черной коркой.

Источники происхождения. Железные руды различного состава, железистые минералы.

Спутники. Пирит, гематит, сидерит и другие железистые минералы.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске, внешнему виду и легкой растворимости в HCl .

ЛЬЮИЗИТ

$(Ca, Na, Fe)_2 (Sb, Ti)_2 O_6 (F, OH, O)$. Очень редкий минерал. Кубической сингонии. Образует очень мелкие желто-бурые или бесцветные октаэдры, обладающие совершенной спайностью по октаэдру. Твердость 5,5. Уд. вес 4,9. Высокий показатель преломления: $N = 2,20$. Изотропный.

МАГНЕТИТ

Синоним. Магнитный железняк.

Химический состав. $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$. Fe^{2+} частично замещается Mg, Mn, реже Ni; Fe^{3+} часто замещается Al, Mn, Cr и V. Часты примеси TiO_2 .

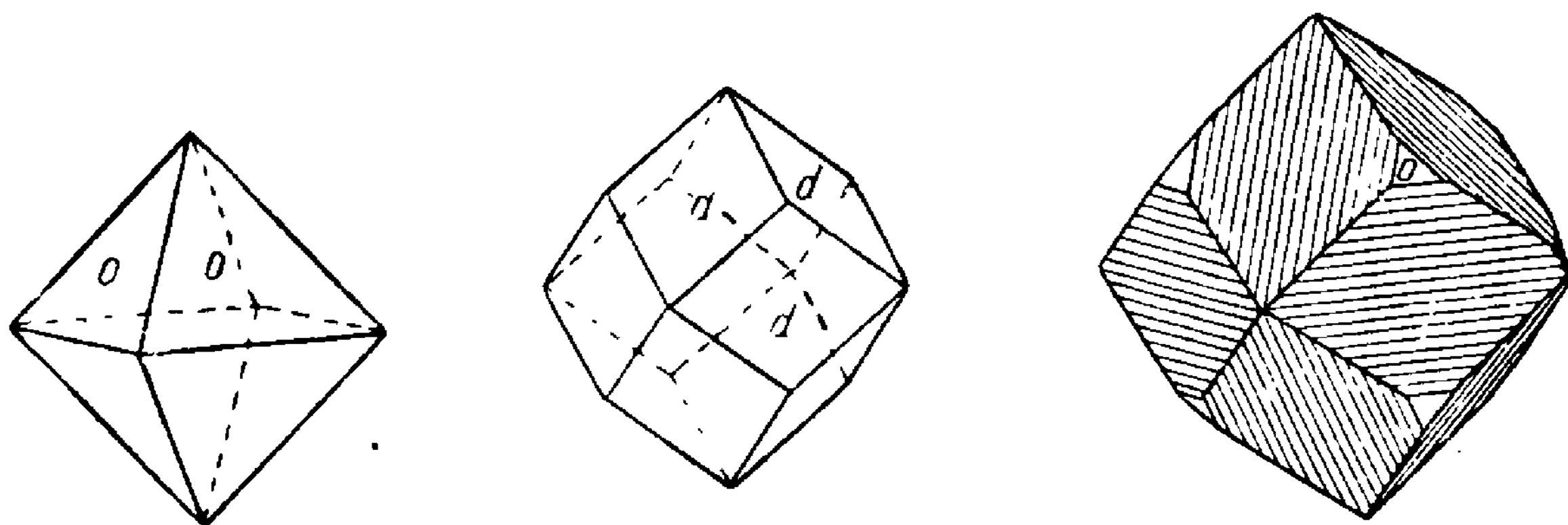


Рис. 43. Магнетит. Формы кристаллов

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в октаэдрах или ромбических додекаэдрах с штриховкой на гранях, параллельной ребру между додекаэдрами и октаэдром (рис. 43). Часто наблюдается в неправильных зернах. Спайность отсутствует. Излом неяснораковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 5,16—5,18. Блеск металлический или матовый полуметаллический. Цвет железно-черный. Черта черная. Сильно магнитен. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. В HNO_3 и HCl при нагревании растворяется с трудом. Раствор в HCl дает реакцию на окисное и закисное железо.

Особенности минерала в шлихах. Очень часто встречается в шлихах в виде октаэдров или ромбических додекаэдров; также в виде окатанных блестящих пластинок и зерен неправильной формы. Иногда с поверхности тускнеет и покрывается бурым налетом лимонита.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные изверженные породы.

Спутники. Ильменит, гематит, корунд, турмалин, шпинель, циркон, гранат, монацит.

Изменения. Переходит в гематит, лимонит, сидерит.

Разновидности. *Титаномagnetит* — магнетит, содержащий до 25% TiO_2 . Обладает всеми свойствами магнетита. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по исключительно сильным магнитным свойствам, по форме зерен и растворимости в HCl . От ильменита и других черных минералов отличается сильным магнетизмом и формой зерен.

МАЛАХИТ

Химический состав. $Cu_2[CO_3][OH]_2$, или $CuCO_3 \cdot Cu[OH]_2$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Хорошие кристаллы редки, обычно тонкие игольчатые призмы, собранные в пучки и розетки. Часто встречается в натечных гроздевидных образованиях. Спайность по (001). Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,9—4,1. Блеск алмазный до стеклянного. Цвет яркозеленый. Черта бледнозеленая. Немагнитный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. $N_g = 1,909$; $N_p = 1,655$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,254$. Оптически двуосный, отрицательный. $2V = 43^\circ$. Плеохроизм: N_p — почти бесцветный; N_m — желтовато-зеленый; N_g — темнозеленый.

Химические свойства. Растворяется в HCl с выделением пузырьков CO_2 . Раствор дает реакцию на Cu .

Особенности минерала в шлихах. Встречается редко, в виде неправильных зерен натечного, радиально-лучистого или концентрически-скорлуповатого строения. Обнаруживается лишь вблизи коренных месторождений медных руд.

Источники происхождения. Продукт изменения медных минералов.

Спутники. Минералы меди, кальцит, лимонит.

Изменения. Легко истирается и разрушается при переносе.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету и строению зерен, растворимости в HCl со вскипанием и реакции на Cu . Проверяется по оптическим свойствам.

МАРКАЗИТ

FeS_2 . Ромбической сингонии. Встречается обычно в радиально-волокнистых, шаровидных формах. Твердость 6—6,5. Уд. вес 4,85—4,90. Блеск металлический. Окраска бронзово-желтая, с поверхности темнеет. Непрозрачный. В холодной HNO_3 разлагается с выделением серы. Встречается в шлихах очень редко вместе с другими сульфидами.

МЕДЬ

Химический состав. Cu. Содержит иногда незначительные примеси Fe, Ag, Bi, Pb и Sb.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в тетрагексаэдрах (пирамидальный куб) или октаэдрах. Явные кристаллы редки, чаще неправильные, пластинчатые, закрученные или древовидные образования. Спайности нет. Излом крючковатый. Легко ковкая и тягучая. Твердость 2,5—3. Уд. вес 8,5—8,9. Блеск металлический. Цвет медно-красный. Черта металлическая, блестящая. Немагнитная. Хороший проводник тепла и электричества.

Оптические свойства. Непрозрачна.

Химические свойства. В HCl не растворяется. Растворяется в HNO₃ с выделением бурых окислов азота. Раствор дает реакцию на Cu с NH₄OH или K₄[Fe(CN)₆].

Особенности минерала в шлихах. В шлихах редка, встречается лишь вблизи коренных месторождений в виде окатанных неправильных пластинок или древовидных образований.

Источники происхождения. Коренные месторождения меди.

Спутники. Халькопирит, халькозин, малахит, азурит.

Изменения. Переходит в куприт, малахит, азурит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске, форме зерен и налетам малахита. Проверяется химической реакцией на Cu.

МОЛИБДЕНИТ

Синоним. Молибденовый блеск.

Химический состав. MoS₂.

Физические свойства. Гексагональной сингонии. Кристаллы гексагональной формы, таблитчатые или короткостолбчатые. Обычно листоватый или чешуйчатый. Спайность по базису весьма совершенная. В тонких листочках гибок. Жирный на ощупь. На бумаге оставляет след, подобно графиту. Твердость 1—1,5. Уд. вес 4,7—4,8. Блеск металлический. Цвет свинцово-серый. Черта голубовато-серая на бумаге, зеленовато-серая на фарфоре. Немагнитный. Электропроводность при комнатной температуре незначительна, но при нагревании увеличивается.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Разлагается в HNO₃ с выделением белого осадка. Дает реакцию на Mo с ксантогенатом калия.

Особенности минерала в шлихах. В шлихах редко встречается, лишь вблизи коренных месторождений, в виде мелких чешуек с неровными краями. Благодаря исключительно малой твердости истирается и разрушается при перемещении.

Источники происхождения. Кислые изверженные породы. Пегматитовые и кварцевые жилы, связанные с гранитом.

Спутники. Касситерит, шеелит, вольфрамит, флюорит.

Изменения. С поверхности тускнеет.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерной форме, малой твердости и окраске зерен. Молибденит оставляет на бумаге голубовато-серую черту. Проверяется химической реакцией на Mo. По внешнему виду сходен с графитом, присутствие которого в шлихах до сих пор не установлено.

МОНАЦИТ

Химический состав. $(\text{Ce, La...})\text{PO}_4$. Содержит изоморфные примеси ThSiO_4 и CaSO_4 .

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Обычно мелкие плоские кристаллы, иногда призматические (рис. 44).

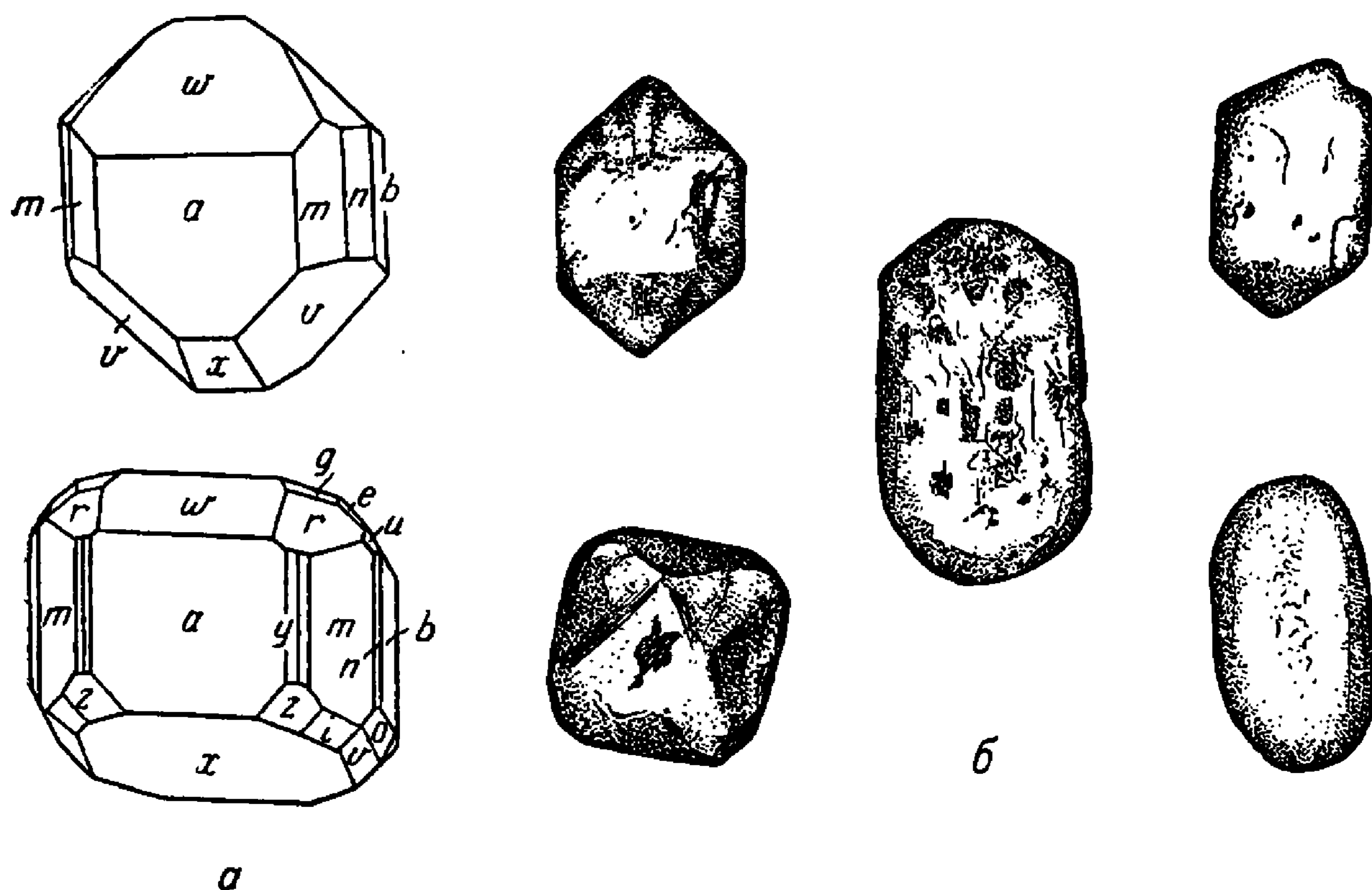


Рис. 44. Монацит
а—формы кристаллов; б—формы зерен, встречающихся в шлихах

Спайность по (001) совершенная, по (100) ясная и по (010) неясная. Излом раковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 5—5,5. Уд. вес 4,9—5,5, чаще 5,0 и 5,2. Блеск стеклянный, смолистый. Цвет бурый, желтый, красно-бурый, реже зеленоватый, белый; бесцветный. Черта бесцветная. Часто содержит включения торита и редких земель. Слабо магнитный. Плохой проводник электричества. Радиоактивный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего и полупрозрачного. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,837—1,849$; $N_p = 1,787—1,800$. $2V = 6—19^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,045—0,055$. Оптически двуосный,

положительный. $cNg = 2-6^\circ$. Слабая дисперсия, $r < v$. В толстых зернах наблюдается плеохроизм в желтых тонах.

Химические свойства. В кислотах почти не растворяется. После сплавления с КОН дает реакцию на Р с молибденовоокислым аммонием. Со спектроскопическим окуляром дает спектр поглощения церия.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в виде хорошо окатанных округлых или яйцевидных зерен; реже сохраняются плоские кристаллы. Часто минерал мутный, полупрозрачный. С поверхности иногда покрыт беловатым налетом.

Источники происхождения. Граниты, гнейсы, пегматиты, аплиты.

Спутники. Циркон, апатит, ильменит, рутил, гранат, турмалин, золото, хромит, алмаз.

Изменения. С поверхности часто разлагается, покрываясь беловатой пленкой.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен, высокому удельному весу. Проверяется с помощью спектроскопического окуляра по спектру поглощения, по оптическим свойствам и химической реакцией на Р. По внешнему виду может быть сходен со ставролитом, сфеном, эпидотом и оливином. От всех них отличается положительной химической реакцией на Р, по спектру поглощения и высокому удельному весу. Кроме того, от ставролита отличается более высоким показателем преломления, высоким двупреломлением и характером плеохроизма; от сфена — более низким двупреломлением и отрицательной реакцией на Ti; от эпидота — более высоким показателем преломления и меньшим углом оптических осей; от оливина — по косому погасанию и высокому показателю преломления.

МУСКОВИТ

Химический состав. $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ — калиевая слюда.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Таблитчатые кристаллы, параллельные (001), имеют ромбические или гексагональные очертания. Спайность весьма совершенная по (001). Твердость 2—3. Уд. вес 2,76—3,10. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет от бесцветного до желтого. Немагнитный, но иногда слабо магнитен (за счет включений). Очень хороший изолятор для электрического тока обычного напряжения.

Оптические свойства. Показатель преломления низкий, изменяется по мере увеличения примеси железа. $Ng = 1,588-1,600$; $Np = 1,552-1,591$. $2V$ около 45° . Двупреломление обычно высокое: $Ng - Np = 0,036$, но при наблюдении пластинок по спайности (001) оно низкое: $Ng - Np = 0,0056$. Оптически двуосный,

отрицательный. Плоскость оптических осей $Ng Np$ перпендикулярна (010); острая биссектриса практически перпендикулярна (001), вследствие чего пластинки по спайности дают всегда хорошую интерференционную фигуру. Дисперсия: $r > v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Пластинчатые псевдогексагональные кристаллы или тонкие чешуйки с весьма совершенной спайностью. При надавливании иглой кристалл расщепляется на тонкие пластинки по спайности.

Источники происхождения. Изверженные и метаморфические породы.

Спутники. Другие слюды.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду и совершенной спайности. От биотита и лепидолита отличается по окраске и по химическому анализу.

ОЛИВИН

Синонимы. Хризолит, перидот.

Химический состав. $(Mg, Fe)_2SiO_4$. Содержит примеси TiO_2 , реже Sn и Ni .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы призматические, часто удлиненные или сплюснутые по (100) или (010) (рис. 45). Спайность ясная по (010) и слабая по (100). Излом неровный, глубококорави-стый. Хрупкий. Твердость 6,5—7. Уд. вес 3,0—3,5, повышается с возрастанием содержания железа. Блеск стеклянный. Цвет зеленый различных оттенков, желто-бурый. Черта бесцветная. Обычны включения магнетита, шпинели, апатита, изредка пузырьки жидкой углекислоты. Слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

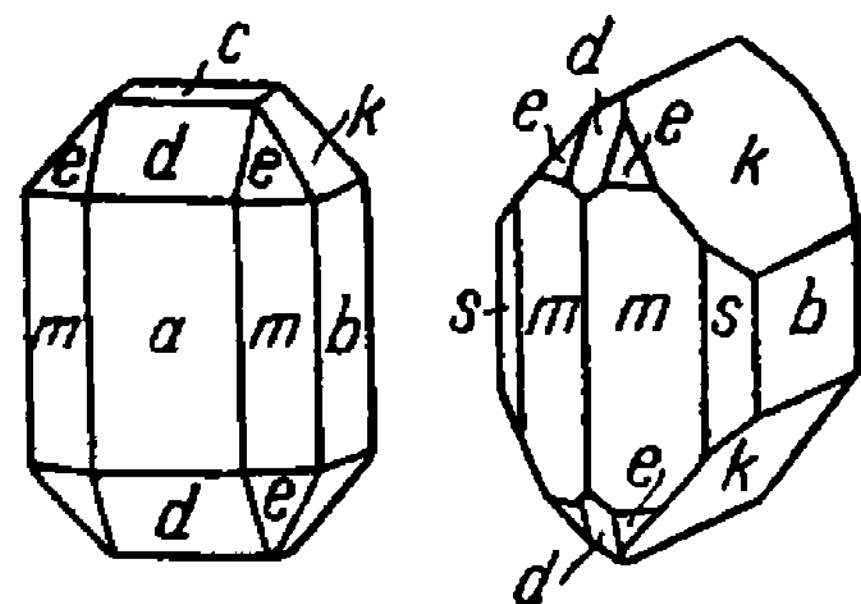


Рис. 45. Оливин, Формы кристаллов

Оптические свойства. От прозрачного до просвечивающего. Высокий показатель преломления, изменяющийся в зависимости от содержания FeO . $Ng = 1,67—1,69$; $Np = 1,63—1,65$. Высокое двупреломление: $Ng - Np = 0,035$. Для железистых разностей: $Ng = 1,69—1,77$; $Np = 1,65—1,72$; $Ng - Np = 0,035—0,040$. Оптически двуосный, положительный или отрицательный в зависимости от содержания Fe . $2V$ увеличивается с повышением содержания FeO : при небольших количествах Fe $2V = 70—90^\circ$, при 13% FeO $2V = 90^\circ$, при более значительном содержании FeO $2V$ превышает 90° и оптический знак минерала становится отрицательным. Дисперсия слабая, $r < v$. Не плеохроичный.

Химические свойства. Растворяется в HCl с выделением SiO_2 при выпаривании.

Особенности минерала в шлихах. Встречается недалеко от коренных выходов в виде неправильных или призматических окатанных зерен обычно характерного желтовато-зеленого цвета. Часто зерна полуразрушены и покрыты трещинами.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные изверженные породы: перидотит, норит, базальт, габбро, диабаз. Метаморфизованные осадочные породы, содержащие Mg и SiO₂. Метеориты.

Спутники. Хромит, пикотит, магнетит, шпинель, платина.

Изменения. В россыпях легко разрушается и превращается в антигорит или хризотил; при этом железо окисляется и выделяется в виде гематита или лимонита; минерал становится бурым или красновато-бурым.

Разновидности. *Драгоценный хризолит* — желтовато-зеленый, прозрачный оливин. Уд. вес 3,44—3,55.

Методы определения и отличие от других минералов. Легко определяется по цвету и внешнему виду зерен. Проверяется по оптическим свойствам — высокому показателю преломления и высокому двупреломлению. Иногда сходен с эпидотом, от которого отличается по косому погасанию, слабому плеохроизму и характерной интерференционной фигуре последнего.

ОЛОВО

Химический состав. Sn.

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Встречается обычно в тонких пластинках или в неправильных округлых зернах. Очень ковкое. Твердость 2. Уд. вес 6,97—7,37. Блеск металлический. Цвет серый. Немагнитное. Хороший проводник электричества. Легко плавится (230°).

Химические свойства. Легко растворяется в HCl. При обработке HNO₃ покрывается белым налетом метаоловянной кислоты. Раствор в HCl от прибавления какотелина окрашивается в лиловый цвет.

Особенности минерала в шлихах. Самородное олово встречается в природе редко и исключительно в россыпях, содержащих касситерит или обогащенных золотом и платиной. Присутствует всегда в незначительном количестве в виде пластинок или округлых зерен серого цвета.

Источники происхождения. Самородное олово образуется в результате разложения оловосодержащих минералов — вероятно, сульфидов и, возможно, касситерита. Присутствие самородного олова в россыпях Урала обнаружено Гумбольдтом еще в 1829 г. Однако долгое время возможность существования этого металла в естественном состоянии считалась весьма маловероятной, а наличие его в россыпях сомнительным. Многочисленные находки незначительных количеств олова в россыпях

различных мест СССР и за границей в настоящее время несомненно устанавливаются относительно широкое распространение его.

Спутники. Касситерит, золото, платина, корунд.

Изменения. С поверхности покрывается черным налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду, малой твердости, растворимости в HCl и разложению в HNO₃ с выделением белого осадка. Проверяется химической реакцией на Sn с какотелином. От самородного свинца, платины и других металлов отличается по отношению к кислотам и реакцией с какотелином.

ОПАЛ

Химический состав. SiO₂ · aq.

Физические свойства. Аморфный. Натечный, слоистый, почковидный. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 1,9—2,5. Блеск стеклянный, смолистый, перламутровый. Цвет белый, молочно-белый; бледные тона желтого, красного, серого, голубого и других цветов; иногда с переливами. Черта бесцветная. Немагнитный. Непроводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного. Показатель преломления низкий: $n = 1,40—1,46$. Изотропный, иногда обладает двупреломлением, обусловленным внутренним напряжением.

Химические свойства. В обычных кислотах не растворяется. Растворим в HF и едких щелочах.

Особенности минерала в шлихах. В шлихах встречается редко, так как благодаря низкому удельному весу легко смывается. Присутствует в бесформенных зернах белого цвета.

Источники происхождения. Разрушенные изверженные породы, кремнистые осадки.

Спутники. Кварц.

Разновидности. *Драгоценный* или *благородный опал* — обладает красивой игрой цветов.

Гиалит — прозрачный, бесцветный опал, встречающийся в натечных корках с шаровой или гроздевидной поверхностью.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду и малому удельному весу; проверяется по оптическим свойствам. От всех минералов шлихов отличается малым удельным весом.

ОРТИТ

Синоним. Алланит.

Химический состав. (Ca, Ce)₂(Al, Fe)₃Si₃O₁₂[O, OH]. Разновидность эпидота, содержащая редкие земли. Обычно присутствуют элементы цериевой группы (Ce, La, Nd, Pr), иногда в незначительных количествах металлы иттриевой группы.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. По форме кристаллов сходен с эпидотом. Кристаллы таблитчатые по (100) или удлиненные по (010); часто в виде неправильных образований. Спайность по (100) и (001) слабая. Излом неровный до неяснораковистого. Твердость 5,5—6. Уд. вес 3,0—4,20. Блеск стеклянный, смолистый. Цвет бурый до черного. Черты не дает. Слабо магнитный или немагнитный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Оптические свойства весьма изменчивы. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,66—1,78$; $N_p = 1,64—1,77$. $2V$ большой. Двупреломление различное. Ортит иногда изотропен. Такие измененные изотропные разновидности имеют более низкий удельный вес и более низкий показатель преломления. Часто минерал представляет неоднородную смесь чистого минерала с измененным. Оптически двуосный, отрицательный. Сильный плеохроизм: N_g — зеленовато-бурый; N_m — красно-бурый; N_p — буро-желтый. Сильная дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. Некоторые разновидности растворяются в HCl с выделением гелеобразной SiO_2 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в виде таблитчатых или призматических кристаллов. Часто в виде неправильных зерен бурого или черного цвета. Отличительными особенностями являются сильный плеохроизм и способность превращаться в изотропную разновидность.

Источники происхождения. Кислые изверженные породы, пегматиты, метаморфические породы (гнейсы, амфиболиты), магнетитовые руды.

Спутники. Эпидот, магнетит.

Изменения. Превращается в изотропные разновидности.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду, сильному плеохроизму и другим оптическим свойствам. Так как свойства ортита сильно меняются, то определение его часто представляет большие трудности и не может быть выполнено только с помощью микроскопического изучения. Во всех затруднительных случаях необходимо проведение спектрального анализа.

ОСМИСТЫЙ ИРИДИЙ

Синоним. Иридий осмий.

Химический состав. Иридий и осмий в различных соотношениях; часто содержит Rh, Ru и Pt.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы встречаются редко; обычно в неправильных сплюснутых зернах. Спайность совершенная по (0001). Слабо ковкий до почти хрупкого. Излом неровный. Твердость 6—7. Уд. вес 19,3—21,12. Блеск металлический. Цвет оловянно-белый до стально-серого. Черта серая. Немагнитный.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Нерастворим в кислотах и царской водке.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях в виде светлосерых неправильных пластинчатых зерен, по внешнему виду сходных с платиной.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные изверженные породы.

Спутники. Золото, платина, хромит, оливин, пикотит, шпиль.

Разновидности. *Самородный иридий* — содержит от 0 до 35% Os.

Невьянскит — содержит от 35 до 50% Os и более 45% Ir. Гексагональной сингонии. Твердость 7. Уд. вес 17,0—21,0. Встречается в плоских чешуйках, сохраняющих шестигранные очертания. Цвет оловянно-белый.

Сысертскит — содержит от 50 до 70% Os и меньше 30% Ir. Гексагональной сингонии. Наблюдается в плоских шестигранных чешуйках. Уд. вес 17,8—22,5. Встречается чаще, чем невьянскит.

Минералов, содержащих выше 70% Os, не обнаружено.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду, высокой твердости и нерастворимости даже в царской водке. От платины отличается более высокой твердостью и нерастворимостью в царской водке.

ПАЛЛАДИЙ

Pd с небольшим количеством Pt и Ir. Встречается очень редко в виде пластинчатых или неправильных зерен в россыпях, содержащих платину. Твердость 4,5—5. Уд. вес 10,84—11,97. Цвет серебряно-белый до стально-серого. Немагнитный. В кислотах не растворяется, но растворяется в царской водке.

ПАЛЛАДИЙ-АНТИМОНИД

Pd₃Sb. Очень редкий минерал. Цвет серебряно-белый до темного стально-серого. Уд. вес 9,5. Обнаружен в платиновых россыпях.

ПЕРОВСКИТ

CaTiO₃. Встречается очень редко в окатанных кристаллах кубической формы. Грани куба покрыты штриховкой. Спайность по кубу весьма совершенная. Твердость 5,5. Уд. вес 3,97—4,04. Блеск алмазный до металловидного. Цвет белый, желтый, бурый, черный. Немагнитный. Просвечивающий до непрозрачного. Показатель преломления высокий. n_o около 2,38. Изотропный, но иногда аномально двуосный, положительный. Растворяется в кипящей H₂SO₄. После сплавления с K₂S₂O₇ дает реакцию на Ti с перекисью водорода. Обнаружен в алмазных россыпях.

ШЕЦЦИТ

Химический состав. Теллурид серебра и золота — $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$.

Физические свойства. Сплошной или зернистый. Излом неровный. Обычно хрупок, но некоторые разности ковки, как гессит, и слегка режутся ножом. Твердость 2,5—3. Уд. вес 8,7—9,2. Блеск металлический, но поверхность окатанных зерен всегда тусклая. Цвет стально-серый до железно-черного. Немагнитный.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. Растворяется при нагревании в HNO_3 и HCl . Азотнокислый раствор с NH_4Cl или HCl дает белый осадок AgCl . Для определения Te тонкоизмельченный минерал нагревают в маленькой пробирке с несколькими каплями концентрированной H_2SO_4 ; через 5 мин. раствор принимает красно-фиолетовую или карминно-красную окраску. При разбавлении водой окраска исчезает и выпадает серый осадок.

Для определения Au минерал растворяют в царской водке (3 капли концентрированной HCl и 1 капля концентрированной HNO_3). Раствор выпаривают на часовом стекле досуха. Остаток растворяют в воде и отфильтровывают при помощи капилляра. К фильтрату прибавляют несколько капель солянокислого раствора SnCl_2 . В присутствии Au появляется черно-бурый осадок коллоидного золота. Незначительные количества золота вызывают образование пурпурно-красного осадка, который растворяется от прибавления NH_4OH или KOH , окрашивая жидкость в ярко-красный цвет.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях встречается очень редко в виде бесформенных окатанных зерен плотного или зернистого строения, покрытых с поверхности тусклым налетом. Из-за малой твердости минерал не может переноситься на далекое расстояние и находится лишь вблизи коренных месторождений.

Источники происхождения. Жилы, содержащие теллуриды Au и Ag .

Спутники. Гессит, золото, серебро, пирит, касситерит, шеелит.

Изменения. С поверхности покрывается тусклым черным налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Под биноклем определяется по внешнему виду, окраске и черному налету на поверхности. Проверяется по растворимости в кислотах и химическим реакциям на Te , Au и Ag . По внешнему виду очень сходен с гесситом, от которого часто отличается только с помощью количественного химического анализа.

ПИКОТИТ

Химический состав. $(Mg, Fe)(Al, Fe, Cr)_2O_4$. Занимает промежуточное положение между шпинелью и хромитом.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллы октаэдрической формы. Образует двойники по (111). Спайность едва заметная. Излом раковистый. Твердость 8. Уд. вес 4,08—4,10. Блеск стеклянный, матовый. Цвет красновато-бурый, кофейно-бурый. Черта бурая. Средне магнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного. Преломление высокое: $N = 2,05$. Изотропный.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с содой дает реакцию на Cr.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в мелких неправильных зернах, иногда сохраняющих октаэдрическую форму.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные породы.

Спутники. Хромит, магнетит, оливин, серпентин, плеонаст, платина.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен, высокой твердости и по удельному весу. Проверяется химической реакцией на Cr. От хромита отличается большей прозрачностью.

ПИРИТ

Синоним. Железный колчедан, серный колчедан.

Химический состав. FeS_2 , обычно с примесью Cu, Ni, Co, Tl, Se, Au, As и др.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в кубах и пентагональных додекаэдрах (рис. 46); грани обеих форм часто исштрихованы. Иногда образует двойники по оси (100). Часто сплошной, мелкозернистый или натечный. Спайность весьма несовершенная по (100) и по (111). Излом раковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 6—6,5. Уд. вес 4,95—5,20. Блеск металлический. Цвет латунно-желтый. Часто содержит включения сульфидов As, Ni, Cu и др. Немагнитный. Слабо проводит электричество.

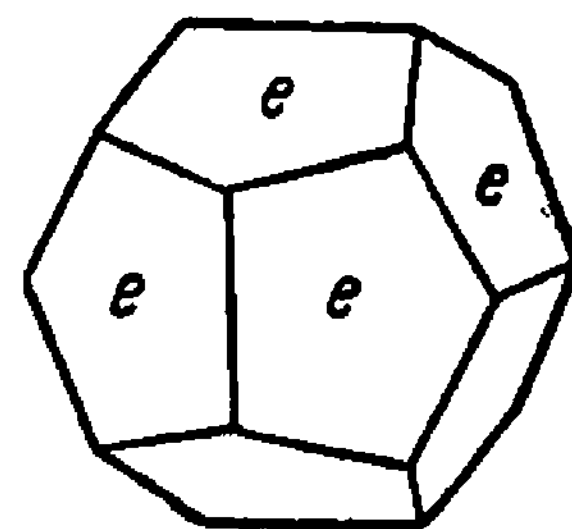
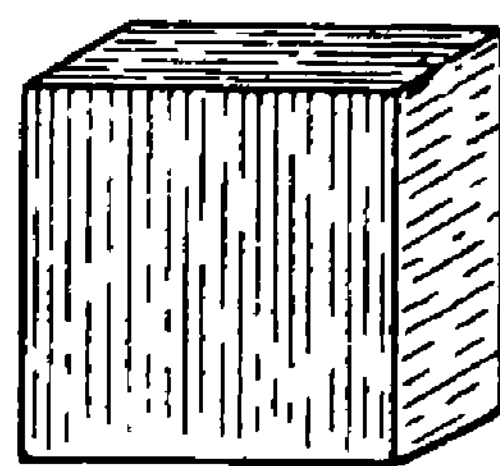


Рис. 46. Пирит. Формы кристаллов

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. В HCl не растворяется. Растворяется в царской водке и в горячей HNO_3 с выделением серы.

Особенности минерала в шлихах. Широко распространен в россыпях. Встречается в кубах или пентагональных

додекаэдрах, имеющих штриховку на гранях. Часто окатанные или остроугольные неправильные зерна. Иногда с поверхности покрывается бурым налетом лимонита.

Источники происхождения. Изверженные, метаморфические и осадочные породы. Металлоносные жилы.

Спутники. Халькопирит, галенит, магнетит, ильменит, гематит, золото, лимонит.

Изменения. В россыпях легко окисляется и превращается в лимонит, который часто покрывает пирит с поверхности. Иногда лимонит полностью замещает пирит с образованием псевдоморфоз лимонита по пириту. Лимонитизированный пирит обычно слабо магнитен, степень магнитности пропорциональна содержанию лимонита.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется главным образом по цвету, форме кристаллов и растворимости в HNO_3 . По внешнему виду сходен с халькопиритом, от которого отличается более светлой, латунно-желтой окраской, более высокой твердостью и отрицательной химической реакцией на Cu . Следует также иметь в виду, что халькопирит в россыпях сохраняется значительно реже, чем пирит.

ПИРОКСЕНЫ

См. авгит, диопсид, гиперстен, и энстатит.

ПИРОЛЮЗИТ

MnO . Скрытокристаллические, почковидные образования. Очень мягкий, марают руки. Твердость 2—2,5. Уд. вес 4,7—5,0. Блеск полуметаллический. Цвет черный до стально-серого с синеватым оттенком. Черта черная. Слабо магнитный. Непрозрачный. В HCl растворяется при нагревании с выделением хлора, окрашивая раствор в бурый цвет. Сплав с содой окрашен в зеленовато-голубой цвет. Незначительные количества пиrolюзита вместе с браунитом встречаются в россыпях вблизи коренных месторождений марганца.

ПИРОХЛОР

Химический состав минерала точно не установлен; приблизительно отвечает формуле $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th})_2 (\text{Nb}, \text{Ti})_2 \text{O}_6 (\text{OH}, \text{F})$. Кубической сингонии. В шлихах встречается очень редко в виде мелких октаэдров или в виде неправильных зерен. Спайность по (111) неясная. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 5—6. Уд. вес 4,03—4,36. Цвет бурый, красный, желтый, в свежем изломе часто почти черный. Черта бурая. Блеск жирный, до стекляного. Слабо магнитный.

Просвечивающий до непрозрачного. Изотропный, но иногда обладает аномальным двупреломлением. $N = 1,96—2,02$. В HCl не растворяется. H_2SO_4 при кипячении почти нацело разлагает

порошок минерала с выделением белого осадка и коричневого раствора, мутнеющего при разбавлении водой. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Nb с таннином и на Ti с H_2O_2 . Связан с пегматитами, нефелиновыми сиенитами и другими породами.

Иттровая разновидность пирохлора — *эшвегеит* обнаружена только в гравии Минаж Жирайж (Бразилия), в виде темных красновато-серых окатанных зерен. Изотропный. $N = 2,15—2,20$. Уд. вес. 5,87.

ПИРОТИН (МАГНИТНЫЙ КОЛЧАДАН)

Fe_nS_{n+1} (чаще всего Fe_6S_7 до $Fe_{11}S_{12}$). Гексагональной сингонии. В шлихах встречается очень редко в виде неправильных осколков бронзово-желтого цвета с томпаково-бурой побежалостью. Твердость 3,5—4,5. Уд. вес 4,58—4,70. Сильно магнитный. Хороший проводник электричества. Непрозрачный. Легко окисляется и покрывается с поверхности черным налетом. В HNO_3 и HCl растворяется с выделением серы в H_2S .

ПЛАТИНА

Химический состав. Pt с примесью Fe, Ir, Rh, Pd, Os и других металлов.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллы редки, обычно встречается в округлых или сплюснутых зернах. Спайности не заметно. Излом крючковатый. Ковкая и тягучая. Твердость 4—4,5. Удельный вес самородной платины изменяется от 14 до 19. Блеск металлический. Цвет белый, алюминиево-серый. Черта серая. Немагнитная, но разности, содержащие примеси Fe, иногда сильно магнитны и выделяются постоянным магнитом вместе с магнетитом и другими сильно магнитными минералами. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачная.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. Растворяется только в царской водке, раствор дает реакцию на Pt с KJ.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в окатанных сплюснутых или округлых зернах алюминиево-серого цвета. Иногда присутствует в виде неправильных древовидных образований.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные породы: норит, габбро, перидотит, дунит, серпентин. Изредка сульфидные руды и кварцевые жилы.

Спутники. Магнетит, ильменит, хромит, оливин, пикотит, цейлонит, осмистый иридий, золото, корунд, циркон.

Разновидности. *Поликсен* — магнитная платина, содержит значительные примеси железа и обладает сильными магнитными свойствами.

Иридистая платина — смесь Pt и Ir в различных соотношениях. В россыпях встречается в виде серебряно-белых угловатых зерен вместе с Pt. Твердость 6—7. Уд. вес 22,6—22,8. Нерастворима в царской водке.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, блеску, ковкости, нерастворимости в обычных кислотах и растворимости в царской водке. Проверяется химической реакцией на Pt.

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

Большая группа минералов, сходных по химическому составу и внешнему виду.

Химический состав. Алумосиликаты K, Na или Ca, реже Ba. Ортоклаз $K(AlSi_3O_8)$, микроклин $K(AlSi_3O_8)$, анортотоклаз $(Na,K)[AlSi_3O_8]$, альбит $Na[AlSi_3O_8]$, анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$.

Физические свойства. Кристаллизуются в моноклинной или триклинной сингонии. Кристаллы отдельных разновидностей очень близки по углам, общему габитусу и способам двойникования. Часто наблюдаются призматические, ромбические или таблитчатые кристаллы. Образуют двойники по различным законам; часто полисинтетические. Спайность по двум направлениям, по (001) и по (010), пересекающимся под углом 90° или близким к 90° . Излом раковистый или неровный. Твердость 6—6,5. Уд. вес колеблется от 2,5 до 2,9, чаще 2,55—2,75. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет белый, бледножелтый, розовый, красноватый, зеленоватый. Черта бесцветная. Немагнитные. Непроводники электричества. Ярко люминесцируют в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах. Окраска люминесценции различная.

Оптические свойства. Прозрачные. Показатель преломления низкий. N изменяется для различных разновидностей от 1,52 до 1,58. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,006 - 0,013$. Интерференционная окраска располагается правильными полосами или клетками, обусловленными полисинтетическими двойниками. Прочие оптические свойства изменяются в широких пределах в зависимости от разновидностей.

Химические свойства. В кислотах не растворяются.

Особенности минерала в шлихах. Встречаются в зернах, сохраняющих признаки хорошей спайности, или в неправильных окатанных зернах.

Источники происхождения. Изверженные породы, обычно кислого типа. Гнейсы и кристаллические сланцы.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяются главным образом по низкому удельному весу, спайности и по наличию полисинтетических двойников. От кварца отличаются наличием спайности и полисинтетических двойников.

ПОЛИКРАЗ-ЭВКСЕНИТ

$(Y, Ce, Ca, U \dots) (Ti, Nb, Ta)_2O_6$ — титано-ниобаты редких земель и урана, по составу подобные минералам группы блонстрандина — приорита. Ромбической сингонии. В шлихах встречается очень редко, в виде хорошо образованных таблитчатых кристаллов или в неправильных зернах, покрытых с поверхности желтым налетом гуммита. Спайности не наблюдается. Излом раковистый, хрупкий. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес. 4,7—5,4. Блеск полуметаллический, жирный. Цвет черный, бурый. Черта бурая. Слабо магнитный. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. $N = 2,06—2,24$. В HCl разлагается частично, в H_2SO_4 совершенно, но при этом выделяется белый осадок земельных кислот. Сернокислый раствор дает реакцию на $(Nb, Ta)_2O_5$ с таннином. Происходит из пегматитов и пегматоидных гранитов. Поликраз был найден в золотоносных песках в виде хорошо образованных кристаллов. Обычные спутники: монацит, апатит.

РАСПИТ

$PbWO_4$. Моноклинной сингонии. Очень редкий минерал. Буровато-желтые таблитчатые кристаллы с алмазным блеском. Твердость 2,5. Уд. вес около 8. Прозрачный, с очень высоким показателем преломления. $N_g = 2,30$; $N_p = 2,27$. $2V$ очень мал. Двупреломление высокое. Оптически двуосный, положительный. Дает химическую реакцию на Pb и W. Спутники — минералы, содержащие Pb.

РЕАЛЬГАР

AsS . Моноклинной сингонии. Окатанные зерна красного или оранжево-красного цвета с жирным блеском. Твердость 1,5—2. Уд. вес 3,4—3,6. Прозрачный или просвечивающий. $N_g = 2,70$; $N_p = 2,54$. Двупреломление высокое. Оптически двуосный, отрицательный. Растворяется в HNO_3 и KOH. Азотнокислый раствор дает реакцию на As с молибденовокислым аммонием. В шлихах встречается очень редко. Единичные зерна реальгара могут быть обнаружены в шлихах, взятых вблизи коренных выходов мышьяковых руд, вместе с аурипигментом, антимонитом, баритом, кальцитом и пиритом.

РОГОВАЯ ОБМАНКА

Минерал из группы амфиболов.
Химический состав.



Физические свойства. Моноклинной сингонии. Вытянутые призматические или игольчатые кристаллы (рис. 47). Спайность совершенная по (110), ясная (спайность?, отдельность?) — по (010). Излом неровный, полураковистый. Твердость 5,5—6.

Уд. вес 3,1—3,3; изменяется в зависимости от состава. Блеск стеклянный. Цвет зеленый, бурый, черный. Обладает магнитностью. Слабый проводник электричества.

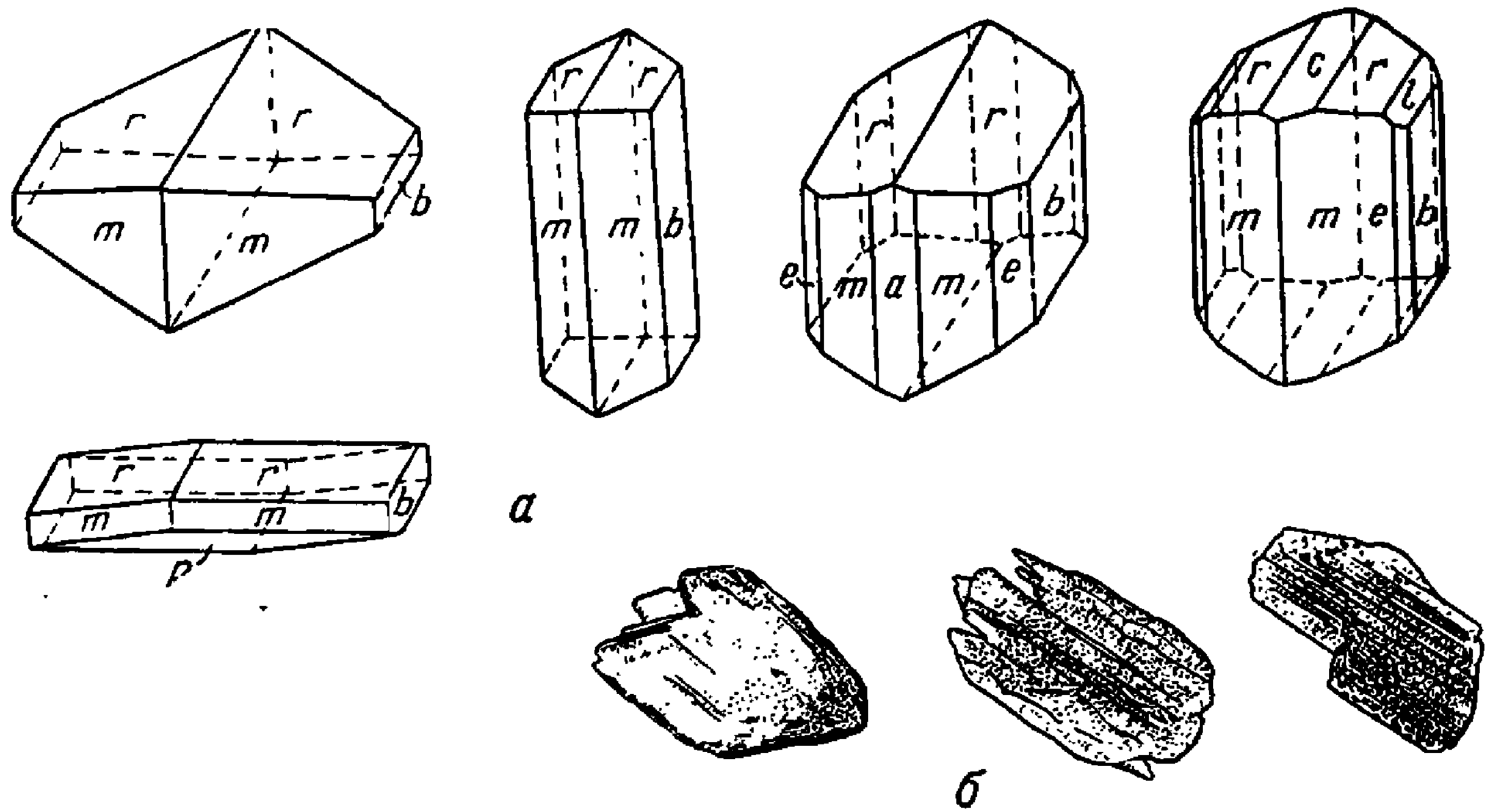


Рис. 47. Роговая обманка
a—формы кристаллов; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

Оптические свойства. Прозрачная до просвечивающей. Высокий показатель преломления: $N_g = 1,653—1,683$; $N_p = 1,629—1,661$. Двупреломление высокое или среднее. Оптически двуосная, отрицательная. $cNg = 15—25^\circ$. Плеохроизм меняется; максимальная абсорбция в направлении, параллельном $N_g \cdot N_p$ —желтый или бледнозеленый; N_m — соломенно-желтый или желто-зеленый; N_g — бурый или темнозеленый. Дисперсия: $r < v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в призматических или шестоватых кристаллах с явно выраженной спайностью по удлинению. В толстых зернах наблюдается плеохроизм.

Источники происхождения. Изверженные и метаморфические породы, в особенности граниты, сиениты, диориты и соответствующие им эффузивные породы. Роговообманковые сланцы.

Спутники. Пироксены, слюды, сфен, апатит.

Изменения. Превращается главным образом в хлоритовое вещество.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется преимущественно по форме и окраске зерен, характерной призматической спайности, умеренному плеохроизму и по углам погасания. При аккуратном раздавливании роговой обманки между двумя предметными стеклами она распадается по спайности на мелкие тонкие иголки. От сходных по виду пироксенов отличается хорошей спайностью.

РОМЕНТ

$(\text{Ca,Na,Mn})_2\text{Sb}_2\text{O}_6(\text{F,OH,O})$. Очень редкий минерал. Псевдокубической сингонии. Желтые или красные кристаллы октаэдрического или кубического облика. Твердость 5—6. Уд. вес 4,7—5,1. Показатель преломления высокий: $N = 1,83—1,87$. Изотропный, но иногда наблюдаются двупреломление и двуосная отрицательная интерференционная фигура. В кислотах не растворяется.

РУТИЛ

Химический состав. TiO_2 . Обычно примеси Fe и реже Sn.

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Призматические или игольчатые кристаллы, часто образующие коленчатые двойники по (101) и реже по (301) (рис. 48). Грани

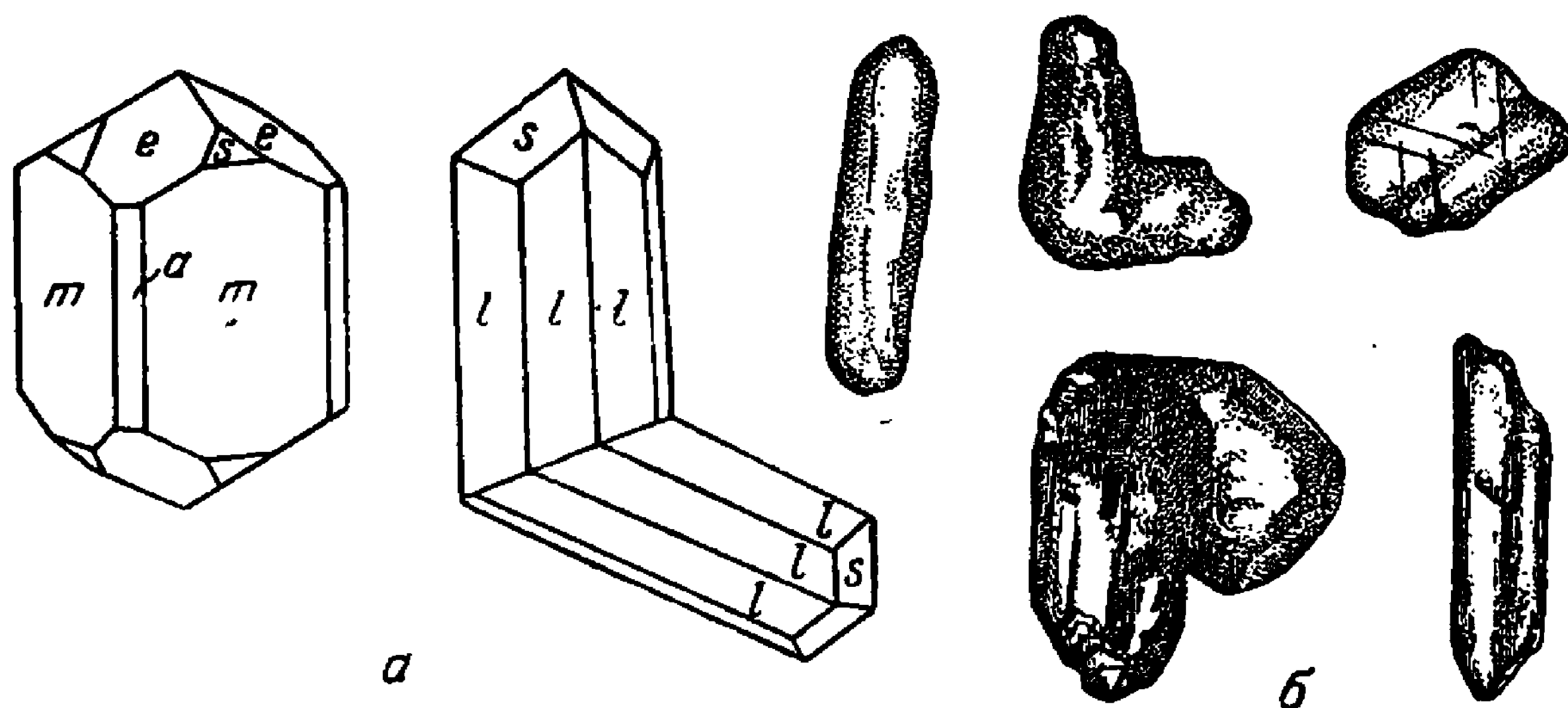


Рис. 48. Рутил

a—формы кристаллов; *b*—формы зерен, встречающихся в шлихах

призматических кристаллов обычно покрыты штрихами или бороздками параллельно ребру призмы. Спайность по (110) и (100) хорошая, по (111) неясная. Излом мелкокорковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 6—6,5. Уд. вес 4,18—4,25, иногда достигает 5,2. Блеск алмазный, металлический. Цвет красный, бурый, желтый, черный; реже синий, розовый, зеленый. Черта бледнобурая. Немагнитный. Средний проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,889—2,903$; $N_p = 2,606—2,616$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,286—0,287$. Оптически одноосный, положительный. Благодаря полисинтетическому двойникованию иногда наблюдается аномальная двуосная интерференционная фигура. В окрашенных зернах достаточной толщины наблюдается слабый плеохроизм.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ и растворения сплава в H_2SO_4 дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Призматические, шестоватые кристаллы с вертикальной штриховкой граней, коленчатые двойники или неправильные окатанные зерна. Обычно окрашен в красный цвет. Черные и бурые разности в тонких осколках также имеют красноватый оттенок.

Источники происхождения. Гранит и другие кислые изверженные породы. Кристаллические метаморфические породы.

Спутники. Ильменит, анатаз, брукит, апатит, ставролит, топаз, турмалин.

Изменения. Переходит в ильменит, сфен.

Разновидности. *Сагенит* — «сетчатая» разновидность рутила, состоит из тонких кристаллов, образующих коленчатые двойники.

Нигрин — черный рутил, содержащий до 20% FeO .

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен, сильному блеску и наличию коленчатых двойников. Проверяется по оптическим свойствам и химической реакции на Ti . От касситерита отличается отсутствием реакции восстановления на цинке, от циркона — химической реакцией на Ti .

САМАРСКИТ

$(Y,Er \dots)_4[(Nb,Ta)_2O_7]_3$. Ромбической сингонии. В шлихах встречается очень редко, в виде неправильных окатанных зерен, покрытых с поверхности желтым налетом. Спайность по (010) едва различимая. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 5—6. Уд. вес 5,6—5,8. Цвет бархатно-черный. Черта красно-бурая до черной. Блеск стеклянный до смолистого. Слабо магнитный. Не-прозрачный. В тонких осколках просвечивает коричневым. $N = 2,11—2,25$. Обычно изотропный. Иногда анизотропный с сильным двупреломлением. В кислотах при продолжительном нагревании разлагается с выделением белого осадка. Раствор при кипячении с металлическим оловом окрашивается в голубой цвет от присутствия Nb . Происходит из пегматитов. Встречен в гранитной дресве. В шлихах легко разрушается.

СВИНЕЦ

Химический состав. Pb , иногда содержит незначительные примеси Ag и Sb .

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллы образует редко, обычно встречается в тонких пластинках или в мелких шариках. Очень ковкий. Твердость 1,5, легко режется ножом. Уд. вес 11,4—13,3. Блеск в свежем изломе метал-

личный, с поверхности тусклый. Цвет свинцово-серый. Черта блестящая свинцово-серая. Немагнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. При нагревании с трудом растворяется в HCl и HNO_3 . Раствор дает реакцию на Pb с KJ .

Особенности минерала в шлихах. Самородный свинец встречается в природе исключительно редко. Обнаружен в россыпях вместе с золотом и платиной в виде тонких неправильных пластинок или в виде мелких округлых зерен, покрытых с поверхности тусклым черным налетом.

Изменения. С поверхности обычно покрывается черным налетом. Реже на поверхности зерен наблюдаются белые налеты церуссита.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется под биноклем по свинцово-серому цвету, металлическому блеску и большой ковкости. Проверяется химической реакцией на свинец. По внешнему виду в шлихах может быть сходен с самородным серебром, оловом, цинком и платиной. Отличается от всех этих металлов по характеру растворимости в кислотах и по результатам химического анализа. Свинец растворяется в HCl и HNO_3 с трудом, при нагревании. Серебро растворяется в HNO_3 хорошо, без всякого остатка. Олово растворяется в HCl очень медленно, при продолжительном нагревании; в HNO_3 разлагается с выделением белого осадка метаоловянной кислоты. Платина не растворяется в HCl и HNO_3 , но растворима в царской водке.

СЕРЕБРО

Химический состав. Ag . Примеси: Au , Cu и иногда Sb , Bi , Hg .

Физические свойства. Кубической сингонии. Встречается обычно в виде неправильных или древовидных образований, а также в пластинках и сплюснутых чешуйках. Спайности не наблюдается. Ковкое и тягучее. Излом крючковатый. Твердость 2,5—3. Уд. вес 10,1—11,1. Блеск металлический. Цвет и черта серебряно-белые, серые. Немагнитное. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачное.

Химические свойства. Легко растворяется в HNO_3 . Раствор дает с NH_4Cl или разбавленной HCl белый творожистый осадок.

Особенности минерала в шлихах. Самородное серебро встречается в шлихах редко, значительно реже, чем золото. Присутствует обычно в виде неправильных зерен или пластинок различных размеров, с поверхности покрытых черным налетом.

Источники происхождения. Кварцевые, кальцитовые, баритовые жилы, содержащие серебро. Зона окисления сульфидных месторождений, содержащих серебряные соединения.

Спутники. Золото, флюорит, барит, сфалерит, галенит, церуссит.

Изменения. С поверхности покрывается черным налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по серебристо-белой окраске, черной побежалости, низкой твердости, ковкости и растворимости в HNO_3 . Проверяется химической реакцией на Ag с NH_4Cl . По внешнему виду сходен с самородным свинцом, оловом и платиной. Отличается от них по характеру растворения в кислотах и по химическим реакциям на Ag, Pb и Sn (см. самородный свинец стр. 167). От платины отличается меньшей твердостью.

СИДЕРИТ

Химический состав. FeCO_3 .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы обычно ромбоэдрические, также натечные гроздевидные и шаровидные образования. Спайность совершенная по ромбоэдру (10 $\bar{1}1$). Излом неровный или неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,78—3,89. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет серый, буроватый. Черта белая. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Люминесцирует в катодных лучах красным или коричневым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,851—1,875$; $N_p = 1,612—1,634$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,238—0,242$. Оптически одноосный, отрицательный. Иногда наблюдается псевдоабсорбция, обусловленная большой разностью в показателе преломления.

Радиальнолучистые массы обнаруживают волокнистую поляризацию («черный крест»).

Химические свойства. При нагревании растворяется в HCl с выделением CO_2 . Раствор окрашен в желтый цвет и дает реакцию на Fe^{2+} с $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Особенности минерала в шлихах. Сидерит в россыпях легко разрушается и поэтому в шлихах встречается редко в неправильных угловатых или слегка окатанных зернах, обладающих совершенной спайностью. Иногда наблюдаются ромбовидные зерна, ограниченные плоскостями спайности, или радиальнолучистые сферолиты. Поверхность сидерита часто покрывается корочкой лимонита.

Источники происхождения. Глинистые железистые песчаники и связанные с ними осадочные отложения. Рудные жилы.

Спутники. Лимонит, пирит, халькопирит, галенит.

Изменения. С поверхности покрывается налетом лимонита.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по пластинчатой форме зерен, совершенной спайности и бурой окраске. Проверяется по растворимости со вскипанием в горячей HCl и по оптическим свойствам. От кальцита отличается нерастворимостью в холодной разведенной HCl.

СИЛЛИМАНИТ

Химический состав. Подобен андалузиту и кианиту: $Al[AlSiO_5]$.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы призматического или волокнистого габитуса. Грани призмы иногда вертикально исстрихованы. Спайность совершенная по (010). Излом неровный. Хрупкий. Твердость 6—7. Уд. вес 3,23—3,25. Блеск стеклянный. Цвет зеленоватый, буроватый, серовато-белый; чаще бесцветный. Черта бесцветная. Иногда содержит включения железистых минералов, шпинели и биотита. Немагнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный. $N_g = 1,677—1,684$; $N_p = 1,657—1,661$. $2V = 25—30^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,02$. Угол оптических осей изменяется. Оптически двуосный, положительный. Плоскость оптических осей параллельна (010). В густоокрашенных разностях плеохроичен: N_p — бледно-коричневый или желтый; N_m — коричневый или зеленый; N_g — темнокоричневый или синий. Сильная дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях в окатанных удлиненных призматических или волокнистых кристаллах. Часто кристаллы несколько расщепляются по удлинению. В смоченном состоянии сходен с кианитом.

Источники происхождения. Гнейсы, кристаллические сланцы и другие метаморфические породы. Изредка граниты.

Спутники. Андалузит, кианит, корунд, кордиерит, циркон, гранат, золото, монацит, шпинель.

Изменения. Превращается в шпинель.

Разновидности. *Фибролит* — волокнистая разновидность.

Бамлит (вортит, ксенолит) — измененный силлиманит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов, спайности, высокой твердости. Проверяется под микроскопом по показателю преломления, двупреломлению, прямому погасанию и плеохроизму (если он наблюдается). От кианита отличается более низким показателем преломления, более высоким двупреломлением и оптическим знаком; от андалузита — характером плеохроизма,

отсутствием характерных для андалузита включений углисто-го вещества и оптическим знаком; от топаза — плеохроизмом, высоким двупреломлением и меньшим углом оптических осей; от цоизита — отсутствием ультрасиней интерференционной окраски и другими оптическими свойствами; от тремолита и актинолита — положительным оптическим знаком, меньшим $2V$ и более высоким показателем преломления.

СМИТСОНИТ

Химический состав. $ZnCO_3$. Часто содержит примеси $FeCO_3$, $MnCO_3$, $CoCO_3$, изредка — следы Ca, Mg, Cd и In.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Хорошие кристаллы образует редко, обычно встречается в натечных гроздевидных образованиях. Спайность совершенная по (1011). Излом неровный до несовершеннораковистого. Твердость 5,5. Уд. вес 4,1—4,5. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет белый, сероватый, зеленоватый, бурый. Черта белая. Немагнитный. В катодных лучах люминесцирует розовым цветом.

Оптические свойства. Полупрозрачный до просвечивающего. $N_g = 1,849$; $N_p = 1,621$. Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,228$. Оптически одноосный, отрицательный.

Химические свойства. Растворяется в HCl с шипением. Дает реакцию на Zn с $K_4[Fe(CN)_6]$.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко, в виде неправильных зерен светлой окраски.

Источники происхождения. Свинцово-цинковые сульфидные жилы в известняках.

Спутники. Сфалерит, галенит, церуссит.

Изменения. В россыпях легко разрушается и превращается в землистую массу.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по внешнему виду, растворимости в кислоте и химической реакции на Zn. По внешнему виду иногда сходен с кальцитом и другими карбонатами, от которых отличается химической реакцией на Zn.

СПЕРРИЛИТ

Химический состав. $PtAs_2$. Содержит примеси Rh, Fe, Cu, Sb, иногда Sn.

Физические свойства. Кубической сингонии. Образует мелкие кристаллы, по форме сходные с кристаллами пирита. Спайность по кубу. Твердость 6—7. Уд. вес 10,5—10,7. Блеск сильный, металлический. Цвет оловянно-белый. Черта темносерая. Немагнитный. Слабо проводит электричество.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. В кислотах и царской водке не растворяется. Перед паяльной трубкой на угле легко сплавляется в белый металлический шарик с губчатой поверхностью. При этом выделяются белые пары окиси мышьяка. На раскаленной докрасна платиновой пластинке мелкие зерна минерала мгновенно расплавляются с выделением As_2O_3 , к самой пластинке приваривается губчатая платина.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях встречается обычно в хорошо сохранившихся мелких кристаллах.

Источники происхождения. Основные и ультраосновные изверженные породы. Пегматиты, связанные с основными породами.

Спутники. Золото, платина и минералы группы платины.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, форме кристаллов, нерастворимости в кислотах и химическим реакциям на As и Pt.

СПОДУМЕН

Синоним. Трифан.

Химический состав. $LiAl[Si_2O_6]$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы призматические, часто сплюснутые по (100) (рис. 49).

Грани призмы вертикально исштрихованы. Образуют двойники по (100). Спайность совершенная по (110). Излом неровный до неясно-раковистого. Твердость 6,5—7. Уд. вес 3,13—3,20. Блеск стеклянный, перламутровый. Цвет белый с зеленоватым или сероватым оттенком, зеленый, желтый, розоватый. Черта белая. Немagnetный. Плохой проводник электричества. В катодных лучах люминесцирует ярким розовато-желтым светом; в ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

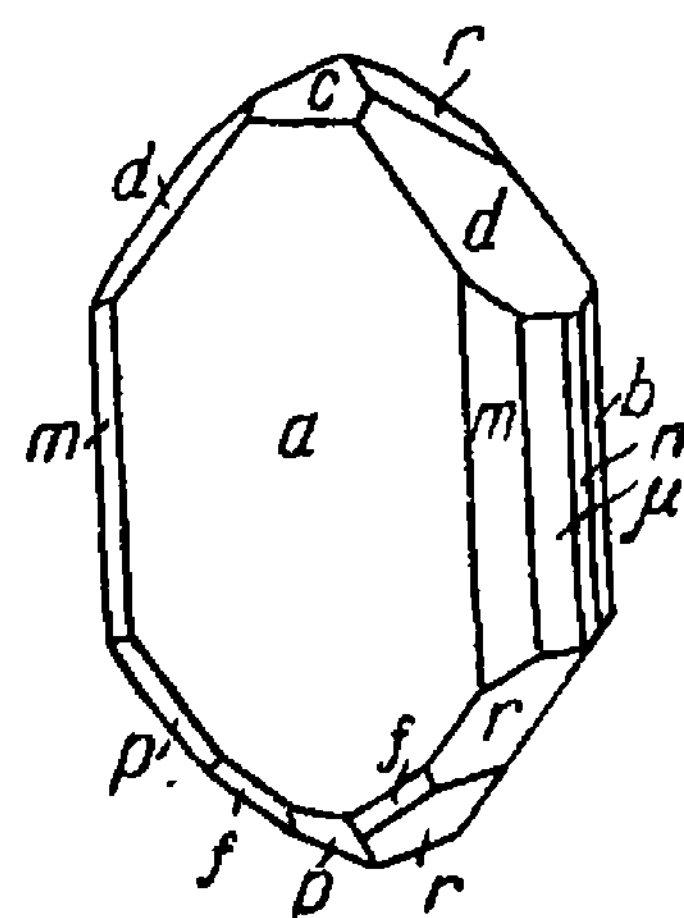


Рис. 49. Сподумен. Форма кристалла

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. $N_g = 1,675—1,681$; $N_p = 1,651—1,668$. $2V = 54—68^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,013—0,027$. Оптически двуосный, положительный. $cN_g = 23—27^\circ$. В окрашенных разностях наблюдается плеохроизм: N_p — пурпурный или зеленый; N_m — розовый или зеленый; N_g — бесцветный.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. Разности, не содержащие значительных примесей Na, окрашивают пламя горелки в красный цвет.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко в виде окатанных пластинчатых или призматических кристаллов желтоватого или зеленого цвета.

Источники происхождения. Пегматитовые жилы, связанные с гранитами.

С п у т н и к и. Турмалин, берилл, монацит, гранат, рутил, касситерит.

И з м е н е н и я. Легко разрушается и покрывается с поверхности розоватыми или зеленоватыми продуктами разрушения.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по форме кристаллов, окраске и трещиноватости. Проверяется химической реакцией на Li. От других пироксенов, сходных с ним по внешнему виду, отличается под микроскопом по оптическим свойствам.

СТАВРОЛИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2[\text{OH}]_2$, или $\text{Fe}[\text{OH}]_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{SiO}_5$. Незначительная часть Fe^{2+} замещается Mg и Mn, часть Al замещается Fe^{3+} .

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Ромбической сингонии. Кристаллы обычно имеют вид коротких и толстых призм. Обычны крестовидные двойники (рис. 50). Часто двойники повторяются

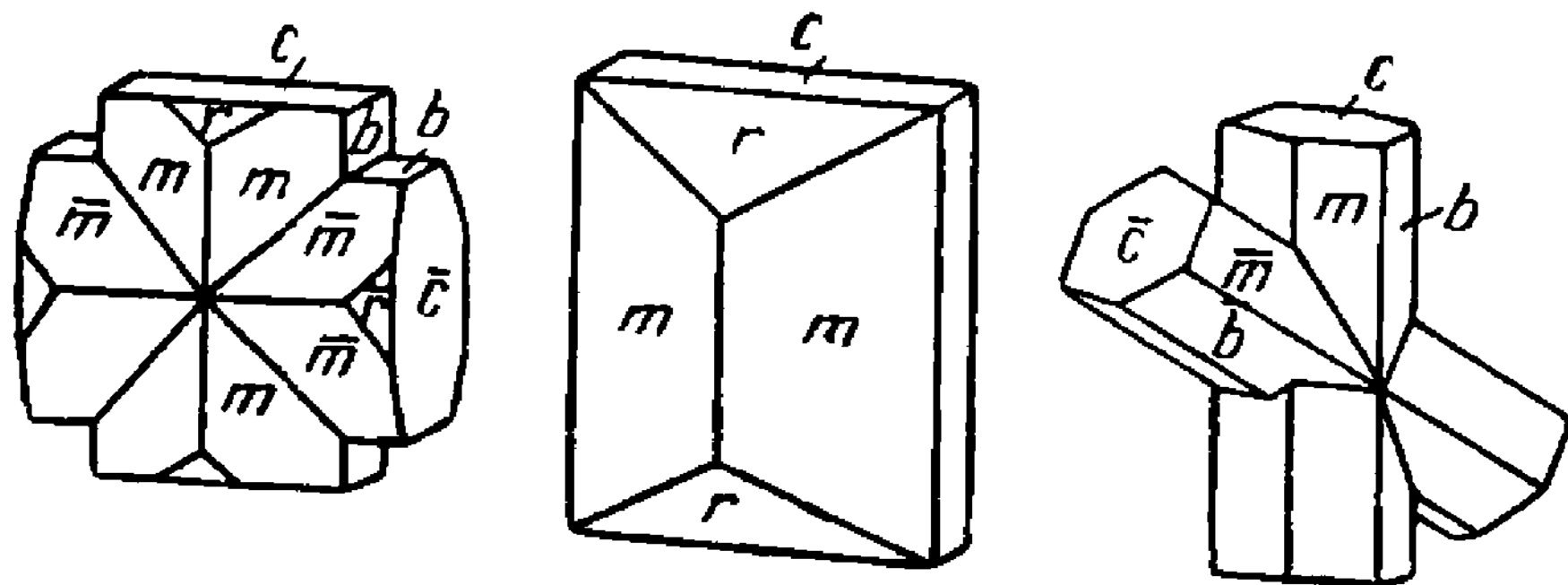


Рис. 50. Ставролит. Формы кристаллов

Поверхность кристаллов ставролита обычно шероховатая, покрытая мелкими углублениями. Спайность по (010) ясная, по (110) едва заметная. Излом занозистый, неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 7—7,5. Уд. вес 3,65—3,77. Блеск стеклянный, переходящий в смолистый. Цвет бурый, желтый, красновато-бурый. Черта белая, серая. Часто содержит включения мусковита, рутила, граната, турмалина, магнетита и других минералов. Слабо магнитный, некоторые бледноокрашенные разновидности ставролита остаются в неэлектромагнитной фракции. Плохой проводник электричества.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Прозрачный до полупрозрачного. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,746—1,762$; $N_p = 1,736—1,747$. $2V = 79—88^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,010—0,015$. Оптически двуосный, положительный. Плоскость оптических осей параллельна (100). Погасание прямое. Явный плеохроизм: $N_p = N_m$ — желтовато-красный, N_g — фиолетово-красный до кроваво-красного; или $N_p = N_m$ — ярко-желтый до бесцветного, N_g — золотисто-желтый. Слабая дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. Частично растворяется в H_2SO_4 .
Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях в виде бурых призматических кристаллов или окатанных зерен. Поверхность кристаллов обычно неровная, покрыта мелкими углублениями. Часто наблюдаются крестообразные двойники.

Источники происхождения. Кристаллические сланцы, филлиты, гнейсы. Ставролит является продуктом регионального и реже контактового метаморфизма.

Спутники. Кианит, андалузит, силлиманит, гранат, турмалин, эпидот, монацит, ильменит.

Изменения. Превращается в хлорит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по цвету, неровной поверхности зерен, большому количеству включений. Наличие крестообразных двойников весьма облегчает определение минерала. Проверяется по оптическим свойствам под микроскопом. По внешнему виду может быть сходен с турмалином, монацитом и сфеном. От турмалина отличается более высоким показателем преломления, низким двупреломлением, двуосностью и адсорбцией; от монацита — более низким удельным весом, более низкими показателем преломления и двупреломлением; от сфена — показателем преломления и двупреломлением, а также отсутствием химической реакции на Ti .

СФАЛЕРИТ

Синоним. Цинковая обманка.

Химический состав. ZnS . Содержит примеси Fe , Mn , реже Cd , Hg , Pb и Sn . Иногда имеются следы In , Ga , Tl , а также Ag и Au .

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в форме тетраэдров, реже встречаются кубы и додекаэдры (рис. 51). Обычны двойники по плоскости (111). Часто натечные, радиальнолучистые или волокнистые образования. Спайность по додекаэдру весьма совершенная. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 3,5—4,2. Блеск жирный, алмазный. Цвет бурый, черный, желтый, красный, зеленый; чистые разности почти бесцветны. Черта коричневая до белой. Немагнитный. Разности, содержащие Fe , слабо магнитны. Электричества не проводит. Люминесцирует красным цветом в катодных и ультрафиолетовых лучах.

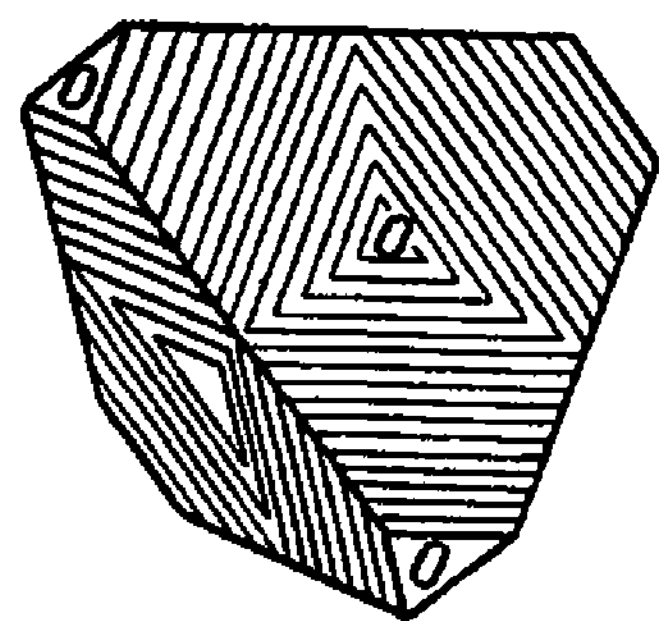


Рис. 51. Сфалерит. Форма кристалла

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Очень высокий показатель преломления: $N = 2,37—2,47$, увеличивается с повышением содержания Fe . Изотропный.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 и HCl с выделением H_2S . Дает реакцию на Zn с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Для определения сфалерита крупное зерно минерала прокаливают на угле; при этом сфалерит дает белый налет ZnO , который после смачивания $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и вторичного прокаливания в окислительном пламени приобретает зеленую окраску.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях редко, лишь вблизи коренных месторождений. В шлихах обычно присутствует в зернах неправильной формы с ясно выраженной спайностью и жирным блеском. Реже обнаруживаются кристаллы, сохраняющие форму тетраэдра с характерной штриховкой граней.

Источники происхождения. Коренные месторождения сульфидных руд, содержащих сфалерит.

Спутники. Галенит, барит, флюорит, пирит.

Разновидности. *Марматит* — железистая разновидность сфалерита, содержащая до 20% Fe. Окрашен в темнокоричневый или черный цвет. Обнаруживает магнитность.

Клейофан — светлый сфалерит, напоминающий по цвету канифоль.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по сильному жирному или алмазному блеску, совершенной спайности и окраске. Проверяется под микроскопом по исключительно высокому показателю преломления и изотропности, а также с помощью химической реакции на Zn . По внешнему виду иногда сходен с касситеритом, сфеном, брукином. От всех этих минералов легко отличается под микроскопом по изотропности. От бурого граната и пикотита отличается химической реакцией на Zn .

СФЕН

Синоним. Титанит.

Химический состав. $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$. Содержит некоторое количество Fe и Mn и иногда редкие земли.

Физические свойства. Моноклиной сингонии. Кристаллы разнообразного облика; часто клинообразные, иногда сплюснутые по (001), призматические (рис. 52). Двойники обычны по (100). Спайность по (110) ясная, по (100) и $(\bar{1}12)$ несовершенная. Часто хорошо выражена отдельность по (221), вызванная двойникованием. Излом неправильный. Твердость 5—5,5. Уд. вес 3,29—3,56. Блеск стеклянный, алмазный. Цвет бурый, желтый, зеленоватый, розоватый, изредка бесцветный. Черта белая. Немагнитный, но разности, содержащие Fe, слабо магнитны. Умеренный проводник электричества. Слабая голубоватая люминесценция в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,979—2,054$; $N_p = 1,887—1,918$. $2V = 23—49^\circ$. Двупреломление очень высо-

кое: $N_g - N_p = 0,082 - 0,135$. Оптически двуосный, положительный. В белом свете редко наблюдается полное погасание минерала, обычно интерференционная окраска изменяется от ультра-синей до желтоватой и красной. Плеохроизм наблюдается только в темноокрашенных разностях: N_p — почти бесцветный; N_m — желтый или зеленоватый; N_g — красноватый, бурый. Очень сильная дисперсия осей, $r > v$.

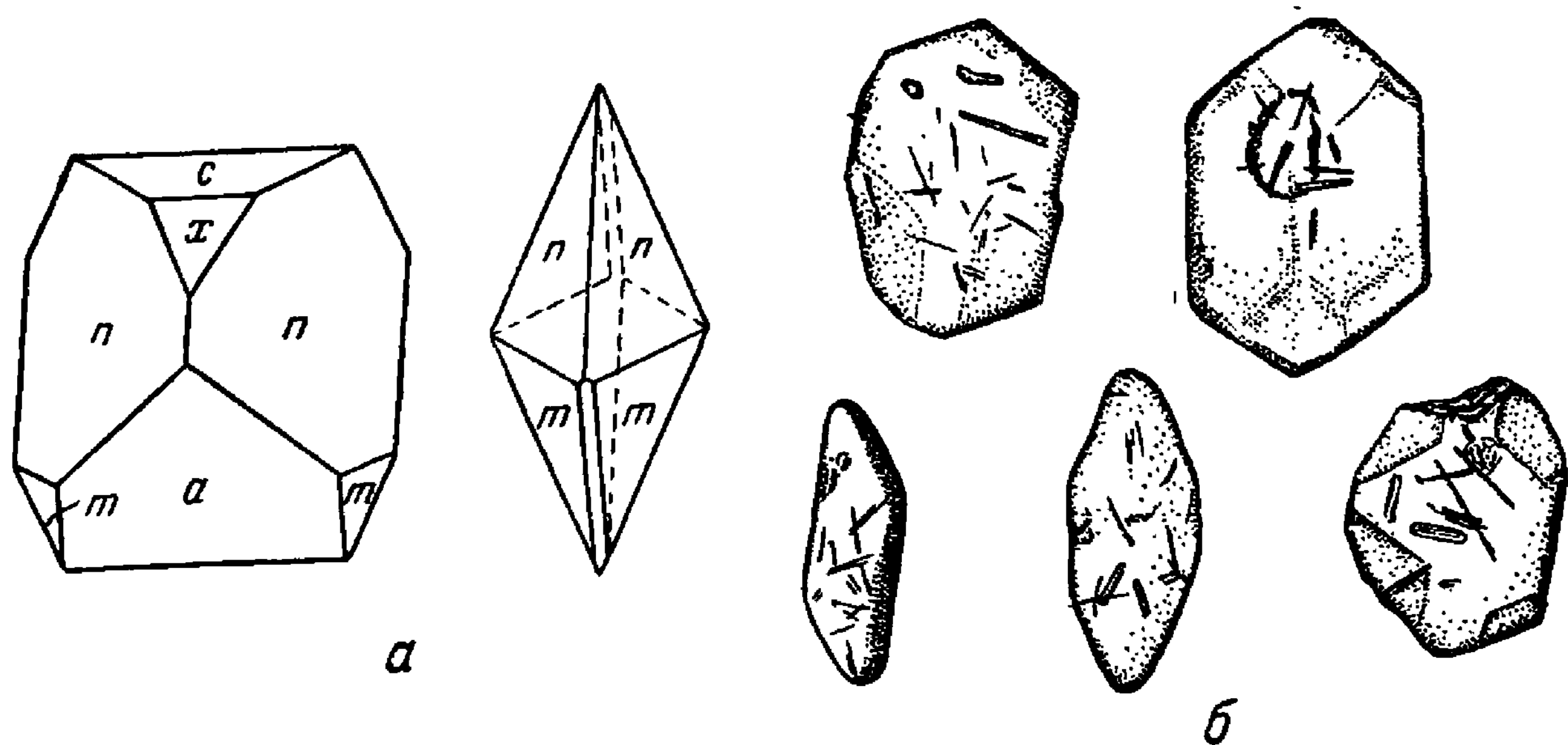


Рис. 52. Сфен

a — формы кристаллов; *б* — формы зерен, встречающихся в шлихах

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с $K_2S_2O_7$ дает реакцию на Ti с H_2O_2 .

Особенности минерала в шлихах. Благодаря устойчивости сфен часто встречается в россыпях. Присутствует обычно в виде остроугольных или окатанных неправильных зерен; часто наблюдаются характерные сплюснутые призматические кристаллы с преобладающим развитием косой призмы (111). Эти кристаллы напоминают форму запечатанного конверта. Часто наблюдается трещиноватость.

Источники происхождения. Изверженные породы среднего химического состава, граниты, метаморфические породы.

Спутники. Пироксены, амфиболы, циркон, апатит, рутил.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по характерной форме кристаллов, сильному блеску и бурой окраске. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, очень высокому двупреломлению и наличию неполного погасания, а также химической реакцией на Ti . По внешнему виду иногда сходен с монацитом, ставролитом и касситеритом. От них отличается формой кристаллов и химической реакцией на Ti ; кроме того, от монацита и ставролита отличается более высоким показателем преломления и двупреломлением; от касситерита — отсутствием оловянного зеркала при восстановлении на цинковой пластинке.

ТАНТАЛ

Ta, обычно с примесью Nb. Кубической сингонии. Встречен в шлихах в виде блестящих мелких кубов и окатанных зерен серовато-желтого цвета. Блеск металлический. Твердость 6—7. Уд. вес 11,2. Достоверность обнаружения тантала в шлихах вызывает сомнение.

ТЕТРАДИМИТ

$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ — теллурид висмута, содержащий серу и иногда незначительные количества Se, Au, Cu, Pb. Тригональной сингонии. Мелкие пластинчатые кристаллы. Твердость 1,5—2. Уд. вес 7,2—7,6. Цвет стально-серый. Блеск металлический, непрозрачный. Растворяется в HNO_3 . Встречается в шлихах очень редко вместе с золотом, гесситом и петцитом.

ТОПАЗ

Химический состав. $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F}, \text{OH}]_2$. Иногда содержит примеси железа.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы обычно призматические с преобладающим развитием граней (110) или (120) (рис. 53). Грани призматической зоны часто

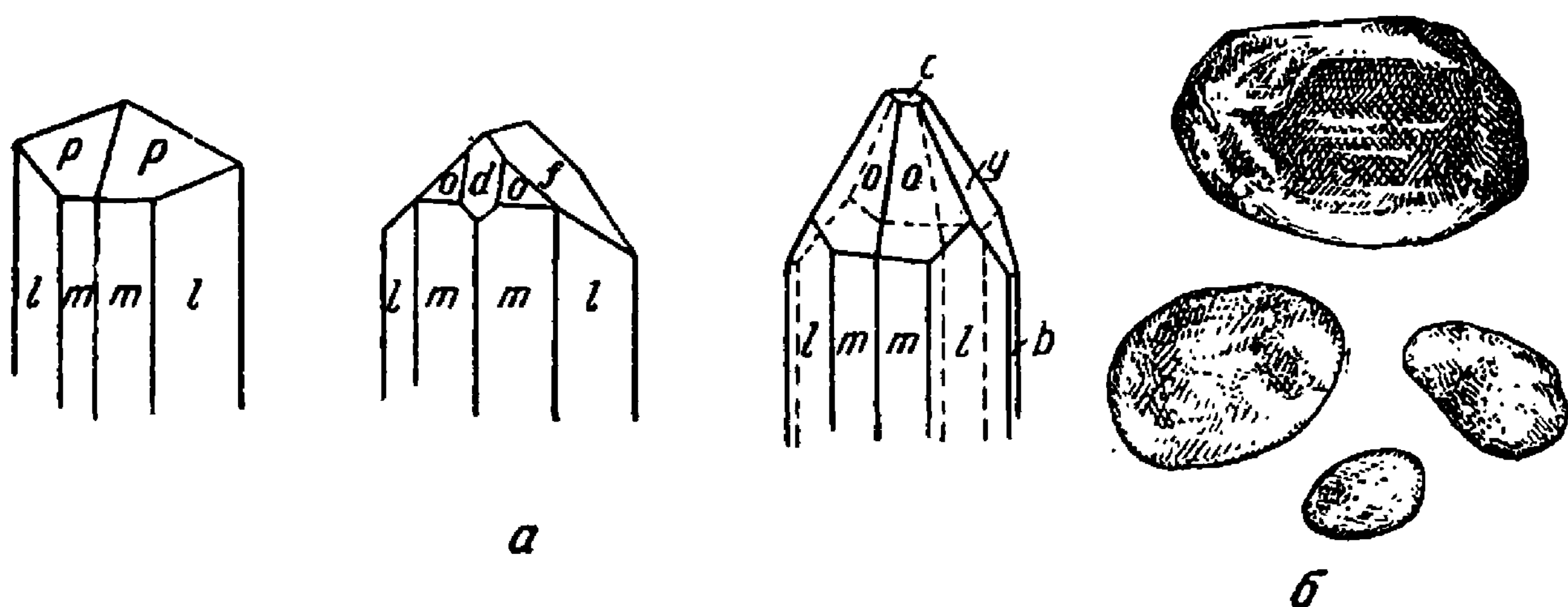


Рис. 53. Топаз

a—формы кристаллов; *б*—формы зерен, встречающихся в шлихах

вертикально исштрихованы. Двойников не наблюдается. Спайность по (001) совершенная. Излом неяснораковистый до неровного. Твердость 8. Уд. вес 3,4—3,6. Блеск стеклянный, на плоскости спайности (001) перламутровый. Цвет желтый, серый, зеленый, синий; чаще бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Обладает яркой голубой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Показатель преломления сравнительно высокий, изменяется в зависимости от состава. $N_g =$

$= 1,617—1,638$; $Np = 1,607—1,629$. $2V = 48—66^\circ$. Двупреломление низкое: $Ng—Np = 0,008—0,010$. Оптически двуосный, положительный. Призматические сечения дают прямое погасание. В россыпных топазах часто наблюдаются оптические аномалии. Ясная дисперсия, $r > v$.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления с Na_2CO_3 дает реакцию на F.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях присутствует в виде хорошо окатанных бесцветных или бледноокрашенных зерен эллипсоидальной или яйцевидной формы. Поверхность таких окатанных зерен обычно матовая, шероховатая; иногда наблюдаются поверхностные трещины. Реже встречаются призматические кристаллы с тонкой вертикальной штриховкой граней.

Источники происхождения. Грейзены и другие контактово-метаморфические породы, граниты, пегматиты, оловоносные жилы, риолиты.

Спутники. Флюорит, турмалин, касситерит, гранат, берилл, шеелит, вольфрамит.

Изменения. Иногда превращается в каолинит и светлые слюды.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов или по наличию хорошо окатанных эллипсоидальных зерен с матовой шероховатой поверхностью, по высокой твердости и стеклянному блеску. Проверяется под микроскопом по оптическим свойствам. По внешнему виду сходен со многими бесцветными минералами. От касситерита отличается по отрицательной реакции на оловянное зеркало при восстановлении на цинковой пластинке и по оптическим свойствам (касситерит обнаруживает высокий показатель преломления и сильное двупреломление). От андалузита отличается отсутствием слюдистых и углистых включений, несколько более низким двупреломлением и оптически положительным знаком; от кварца и берилла — высоким удельным весом (тонет в бромформе) и двуосной фигурой; от силлиманита — более низким показателем преломления и двупреломлением; от кианита — отсутствием спайности и включений; от алмаза — низким показателем преломления и анизотропией.

ТОРИАНИТ

Химический состав. $(Th,U)O_2$.

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется в кубических формах. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный. Твердость 6,5—7. Уд. вес 8,97—9,33. Блеск с поверхности тусклый, в свежем изломе сильный, металлический. Цвет черный, свинцово-серый. Черта черная. Немагнитный. Непроводник электричества. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный, просвечивает в тонких краях. Изотропный. Показатель преломления около 2,20.

Химические свойства. Разлагается концентрированной HNO_3 и H_2SO_4 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко в виде хорошо сохранившихся или слегка окатанных кубов, реже присутствуют неправильные окатанные зерна.

Источники происхождения. Пегматиты, сиениты, пироксениты, мегаморфизованные известняки.

Спутники. Монацит, корунд, кианит, шпинель, рутил, циркон, флюорит, хризоберилл.

Изменения. С поверхности покрывается красноватым налетом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме кристаллов, окраске и радиоактивности. От сходного с ним по внешнему виду лимонитизированного пирита отличается высоким удельным весом, цветом черты, блеском и радиоактивностью. Кроме того, торинит относится к минералам неэлектромагнитной фракции, в то время как лимонитизированный пирит обычно электромагнитен.

ТОРИТ

ThSiO_4 . Встречается в шлихах очень редко. Тетрагональной сингонии. Кристаллографические формы сходны с цирконом. Излом раковистый. Твердость 4,5—5. Уд. вес 4,8—5,4. Цвет черный, бурый, желтый, оранжевый. Блеск стеклянный, жирный. Обычно изотропный. $N = 1,68—1,8$. Сильно радиоактивный. Разлагается в HCl с выделением студенистого кремнезема. В шлихах наблюдается в виде мелких неправильных зерен.

ТОРОЛИТ

Химический состав. Танталат олова, по составу приближается к формуле SnTa_2O_7 . Содержит примеси Nb, Sb, Pb, Zr, Sr.

Физические свойства. Очевидно, моноклинной сингонии. Таблитчатые кристаллы с хорошей спайностью. Уд. вес 6,68—7,9. Блеск сильный алмазный или жирный. Цвет золотисто-желтый, буровато-желтый. Черта желтая или белая. Часто содержит включения касситерита и манганотанталита.

Немагнитный. В катодных и ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

Оптические свойства. Очень высокий показатель преломления: $N = 2,38—2,52$. Двупреломление очень высокое. Дает двуосную фигуру с большим углом оптических осей.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко, в виде таблитчатых желтых зерен с хорошей спайностью.

Источник происхождения. Пегматитовые жилы.

Спутники. Касситерит, колумбит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске, сильному алмазному или жирному блеску и совершенной спайности. Проверяется химической реакцией на Та.

ТРЕМОЛИТ

Химический состав. Известково-магнезиальный амфибол — $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$. Иногда Mg замещается Fe²⁺, и тогда тремолит превращается в актинолит.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллизуется в призматических или волокнистых кристаллах. Спайность хорошая по (110), реже по (100) и (010). Излом полураковистый, неровный. Твердость 5—6. Уд. вес 2,9—3,0. Блеск стеклянный, шелковистый. Цвет белый, серый, часто бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный. Непроводник электричества. Люминесцирует желтым, красным или фиолетовым цветом в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. $N_g = 1,62—1,64$; $N_p = 1,60—1,62$ для чистого тремолита. Показатель преломления увеличивается в разностях, содержащих изоморфную примесь Fe²⁺. $2V = 81—88^\circ$. Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,02—0,03$. Оптически двуосный, отрицательный. $cN_g = 14—20^\circ$. В окрашенных разностях наблюдается плеохроизм.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в виде столбчатых или волокнистых кристаллов с хорошей спайностью или в неправильных зернах.

Источники происхождения. Кристаллические сланцы и другие метаморфические породы.

Спутники. Другие амфиболы и пироксены.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по «роговообманковому» внешнему виду, светлой окраске и хорошей спайности. Проверяется под микроскопом по оптическим свойствам. От сходного с ним по виду диопсида отличается по более низкому показателю преломления, меньшему углу погасания и отсутствию включений, обычно встречающихся в диопсиде.

ТРИПУИТ

Антимонит железа — $\text{Fe}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_7$. Минерал очень редкий. Зеленовато-желтые микрокристаллические агрегаты. Уд. вес 5,8. Очень высокий показатель преломления: $N_g = 2,33$; $N_p = 2,19$.

Двупреломление очень высокое: $N_g - N_p = 0,14$. Оптически двуосный, положительный. $2V$ небольшой. Сильная дисперсия, $r < v$.

ТУРМАЛИН

Химический состав. Сложный силикат В, Al, Mg, Fe и щелочных металлов. Общую формулу минерала можно представить в следующем виде: $(Na, Ca)(Mg, Al)_6[Si_6Al_3B_3(O, OH)_{30}]$. В небольших количествах присутствует F.

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы обычно призматические, часто тонкие, игольчатые. Призматические грани обычно вертикально исстрихованы. Поперечное сечение призмы часто имеет характерную форму сферического треугольника (рис. 54). Спайность несовершенная по

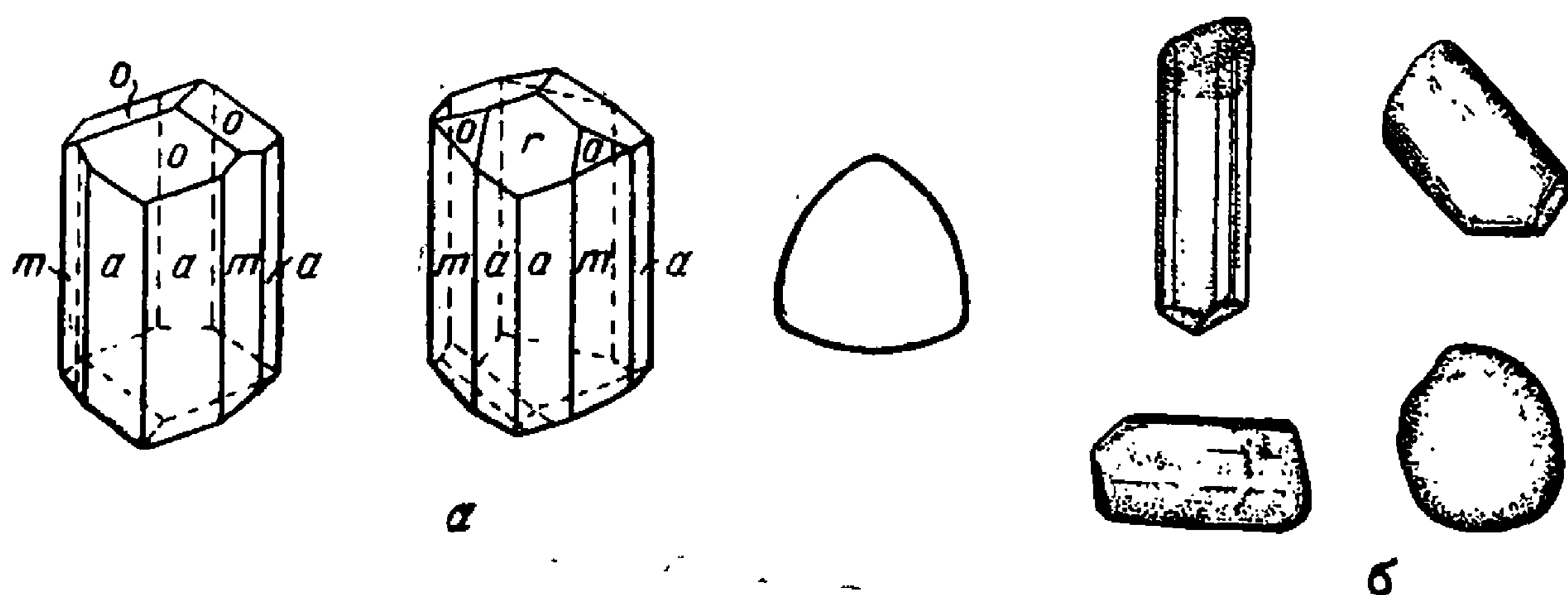


Рис. 54. Турмалин

a — формы кристаллов; *b* — формы зерен, встречающихся в шлихах

$(11\bar{2}0)$ и $(10\bar{1}1)$. Излом неяснораковистый до неровного. Хрупкий. Твердость 7—7,5. Уд. вес 2,98—3,20. Блеск стеклянный, смолистый. Цвет бурый, черный, темносиний, зеленый, розовый, редко бесцветный. Некоторые образцы имеют зональную окраску (середина красная, а края зеленые) или же противоположные концы кристалла окрашены в различные цвета. Черта бесцветная. Часто наблюдаются включения циркона, рутила, кварца, железистых минералов. Слабо магнитный. Обладает красной люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного. Показатель преломления изменяется в широких пределах. $N_g = 1,624—1,692$; $N_p = 1,615—1,679$. Двупреломление среднее или высокое: $N_g - N_p = 0,02—0,046$. Оптически одноосный, отрицательный. Иногда аномально двуосный. Призматические зерна имеют прямое погасание. Плеохроизм сильный, изменяется в зависимости от окраски (абсорбция $N_o > N_e$): в бурых разностях — N_o темнобурый, N_e светложелтый; в зеленых — N_o темнозеленый, N_e от фиолетового до красно-бурого; в синих — N_o синий, N_e фиолетовый.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в призматических кристаллах с вертикальной штриховкой граней или в неправильных окатанных зернах различной окраски с сильно выраженным плеохроизмом.

Источники происхождения. Гранит, контактово-метаморфические породы, пегматиты, металлоносные жилы.

Спутники. Апатит, циркон, касситерит, флюорит, топаз, кианит, монацит, рутил, корунд, берилл.

Изменения. Минерал устойчивый, но иногда с поверхности разлагается с образованием агрегатов биотита и хлорита.

Разновидности. *Ахроит* — бесцветный, прозрачный турмалин. *Рубеллит* — красный и розовый турмалин, употребляющийся на ювелирные изделия. *Индиголит* — синий турмалин. *Дравит* — бурый турмалин. *Шерл* — черный, часто непрозрачный, турмалин.

Методы определения и отличие от других минералов. Под биноклем легко определяется по форме кристаллов, окраске и сильному плеохроизму. Диагностике турмалина помогает наличие призматических кристаллов, дающих поперечный разрез в форме сферического треугольника. Все разновидности турмалина по удлинению кристалла имеют более сильную абсорбцию света, вследствие чего при наблюдении под биноклем кристалл, поставленный на основание призмы, кажется интенсивнее окрашенным, нежели тот же кристалл, лежащий на грани призмы. Проверяется турмалин под микроскопом по оптическим свойствам. От ставролита отличается более низким показателем преломления и более высоким двупреломлением, а также характером абсорбции света; от касситерита — низким удельным весом, отрицательной реакцией на оловянное зеркало и оптическими свойствами; от монацита — более низким показателем преломления, двупреломлением и другими оптическими свойствами.

УРАНИНИТ

UO_2 с примесью Pb, Ne и других элементов. Кубической сингонии. Кристаллы имеют вид куба с подчиненным развитием октаэдра и ромбического додекаэдра. Твердость для свежего минерала 5—6, у измененного уменьшается до 3. Уд. вес изменяется от 6,62 до 10,6, чаще 8—10. Цвет черный. Блеск сильный, смолистый. Непрозрачный. Окисленные разновидности уранинита легко растворяются в HNO_3 , H_2SO_4 и HF. Сильно радиоактивный. Встречается очень редко в золотоносных россыпях.

ФАЯЛИТ

Fe_2SiO_4 . Встречается в шлихах очень редко. В кристаллах, подобных оливину. Твердость 6,5. Уд. вес 4,1. Бесцветный или

желтоватый. $N_g = 1,886$; $N_p = 1,835$. Двупреломление высокое. $2V = 50^\circ$. Оптически двуосный, отрицательный.

ФЕНАКИТ

Химический состав. Be_2SiO_4 .

Физические свойства. Тригональной сингонии. Кристаллы ромбоэдрического габитуса, часто сплюснутые, линзовидные. Спайность по $(11\bar{2}0)$ ясная, по $(10\bar{1}1)$ несовершенная. Излом раковистый. Хрупкий. Твердость 7,5—8. Уд. вес 2,96—3,0. Блеск стеклянный. Цвет желтый, буро-красный; часто бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный. Непроводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления средний: $N_g = 1,670$; $N_p = 1,654$. Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,016$. Оптически одноосный, положительный. Погасание прямое. В толстых зернах наблюдается плеохроизм.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Минерал очень редкий. Встречается в россыпях совместно с другими минералами бериллия в виде окатанных ромбоэдрических или линзовидных зерен, окрашенных в желтый цвет или бесцветных.

Источники происхождения. Пегматиты, метаморфические породы.

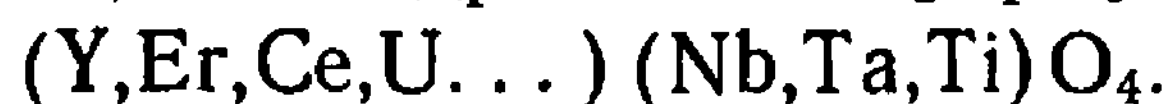
Спутники. Берилл, хризоберилл, эвклаз, топаз, монацит, апатит, корунд.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по форме и окраске зерен, а также по ассоциации минералов. Проверяется под микроскопом по оптическим свойствам. По виду иногда сходен с кварцем, топазом или алмазом. От кварца отличается более высоким показателем преломления и более высоким удельным весом; от топаза — более низким удельным весом, более высоким двупреломлением и другими оптическими свойствами; от алмаза — высокой твердостью, сильным блеском и изотропностью последнего.

ФЕРГЮСОНИТ

Синонимы. Тирит, брагит, ризорит, сипилит.

Химический состав. Тантало-ниобат Y, Er и Ce, содержит также U, Fe, Ca и др. Общая формула:



Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Кристаллы пирамидального или призматического габитуса. Спайность по (111) неясная. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 5,5—6,5. Уд. вес 5,5—5,8, при гидратации уменьшается до 4,1. Блеск на поверхности матовый, в свежем изломе

стеклянный, алмазный. Цвет коричнево-черный. Черта светло-бурая. Слабо магнитный. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Обычно находится в измененном состоянии и поэтому изотропный; иногда анизотропный. Показатель преломления очень высокий: у изотропных кристаллов $N = 2,06—2,19$, у анизотропных $N = 2,115—2,20$.

Химические свойства. Разлагается в H_2SO_4 с выделением белого осадка земельных кислот. Дает реакцию на Ta и Nb с таннином.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях находят редко в виде неправильных зерен или пирамидальных кристаллов, иногда с поверхности покрытых темным налетом.

Источники происхождения. Гранитные пегматиты.

Спутники. Рутил, касситерит, монацит, ортит, циркон, колумбит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске и форме зерен. Проверяется по выпадению белого осадка при растворении в H_2SO_4 и химической реакцией на Nb и Ta с таннином. От минералов группы колумбита — танталита отличается по форме и окраске кристаллов; от всех других сходных минералов — химической реакцией на Nb и Ta и радиоактивностью.

ФЕРРАЦИТ

$3(Ba, Pb)O \cdot 2P_2O_5 \cdot 8H_2O$. Желтовато-белые бобовидные гальки. Уд. вес 3,0—3,5. Минерал очень редкий, наблюдался в алмазоносных россыпях Дьямантины (Бразилия).

ФЛОРЕНСИТ

$SeAl_3[PO_4]_2[OH]_6$. Встречается очень редко. Тригональной сингонии. Бледножелтый минерал ромбоэдрического габитуса с явно выраженной спайностью по базопинакоиду. Твердость 5. Уд. вес 3,58. Оптически одноосный, положительный. $N_g = 1,685$; $N_p = 1,680$.

ФЛЮОРИТ

Синоним. Плавиновый шпат.

Химический состав. CaF_2 . Иногда содержит в виде примеси Cl.

Физические свойства. Кубической сингонии. Габитус кристаллов кубический, реже октаэдрический. Образует двойники прорастания по (111). Спайность совершенная по (111). Излом плоскораковистый или занозистый. Хрупкий. Твердость 4. Уд. вес 3,18, у загрязненных разностей 3,2. Блеск

стеклянный. Цвет фиолетовый, зеленый, желтый, реже голубой, красный, белый, бесцветный. Черта белая. Иногда содержит включения окислов железа и марганца. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Сильно флюоресцирует под действием рентгеновских лучей. Люминесцирует фиолетовым или зеленым цветом в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления низкий; $N = 1,434$. Оптически изотропный, иногда наблюдается ненормальное двупреломление, обусловленное внутренним натяжением кристалла.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. При нагревании в концентрированной H_2SO_4 разлагается с выделением пузырьков HF , разъедающих стекло.

О с о б е н н о с т и м и н е р а л а в ш л и х а х. В россыпях флюорит легко разрушается и поэтому встречается лишь вблизи коренных месторождений. Присутствует в зернах неправильной формы, сохраняющих иногда следы кубической или октаэдрической формы. Обычно окрашен в фиолетовый цвет, часто окраска распределяется по кристаллу неравномерными пятнами.

И с т о ч н и к и п р о и с х о ж д е н и я. Гранит и другие кислые изверженные породы. Метаморфические породы; рудные жилы. Известняки.

С п у т н и к и. Галенит, сфалерит, касситерит, вольфрамит, турмалин, корунд, топаз.

И з м е н е н и е. Поверхность зерен иногда матовая и потускневшая.

Р а з н о в и д н о с т и. *Иттрофлюорит* $CaF_2 \cdot mYF_3$ — разновидность флюорита, содержащая значительные примеси редкоземельных элементов. Цвет желтый, бурый. Твердость 4,5. Уд. вес 3,55.

Тисонит или *флюоцерит* $(Ce, La, Dy)F_3$. Твердость 4,5—5. Уд. вес 6,13. Желтые или бурые гексагональные призматические кристаллы.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по окраске, блеску и форме кристаллов. Проверяется под микроскопом по изотропности и низкому показателю преломления. По внешнему виду бесцветный флюорит может быть сходен с апатитом, шеелитом, баритом и другими бесцветными минералами, от которых легко отличается по изотропности и низкому показателю преломления. Окрашенный флюорит можно принять за гранат, шпинель, циркон или топаз, от этих минералов флюорит отличается более низким показателем преломления и другими оптическими свойствами.

ХАЛЬКОЗИН

С и н о н и м. Медный блеск.

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. Cu_2S . Иногда в небольших количествах присутствует Fe, а также Ag.

Физические свойства. Ромбической сингонии. Образует псевдогексагональные таблитчатые кристаллы. Спайность по (001) неясная. Излом раковистый. Твердость 2,5—3. Уд. вес 5,5—5,8. Блеск металлический, с поверхности матовый. Цвет и черта свинцово-серые, часто с пестрой побежалостью. Немагнитный. Хороший проводник электричества.

Оптические свойства. Непрозрачный даже в тонких осколках.

Химические свойства. Растворяется в HNO_3 . Дает реакцию на Cu с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко, вблизи коренных выходов медных руд в неправильных непрозрачных зернах с тусклым блеском. С поверхности иногда наблюдаются зеленые налеты малахита.

Источники происхождения. Жилы, обогащенные медными рудами.

Спутники. Халькопирит, малахит, азурит, галенит, сфалерит, пирротин.

Местонахождение. Единичные знаки халькозина обнаружены в россыпях, расположенных в районе выходов медистых песчаников.

Изменения. Превращается в самородную медь, халькопирит, борнит, малахит и азурит.

Методы определения и отличие от других минералов. Под биноклем определяется по темному свинцово-серому цвету, металлическому блеску и по наблюдающемуся иногда поверхностному превращению в малахит. Проверяется по растворимости в HNO_3 и химической реакции на Cu .

ХАЛЬКОПИРИТ

Синоним. Медный колчедан.

Химический состав. CuFeS_2 . Часто содержит Ag и Au , также следы Se и Te .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Кристаллизуется в тетраэдрах или в более сложных формах, имеющих вид октаэдра. Спайность по (201) иногда ясная. Излом неровный, раковистый. Хрупкий. Твердость 3,5—4. Уд. вес 4,1—4,3. Блеск металлический, с поверхности тусклый. Цвет латунно-желтый, с золотистой или пестрой побежалостью. Черта зеленовато-черная. Немагнитный. Обладает слабой электропроводностью.

Оптические свойства. Непрозрачный.

Химические свойства. С трудом растворяется в HNO_3 и легко в царской водке. Раствор дает реакцию на Fe и Cu с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях легко разрушается, поэтому встречается редко и лишь около

коренных месторождений. Присутствует обычно в неправильных, угловатых зернах с неровным или раковистым изломом.

Источники происхождения. Изверженные породы, пегматитовые жилы.

Спутники. Пирит, халькозин, малахит, азурит, галенит, сфалерит, пирротин, иногда касситерит.

Изменения. Легко разрушается с образованием лимонита, малахита, азурита и других медных минералов.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по латунно-желтой окраске, неправильной форме зерен и непрозрачности. Проверяется химической реакцией на Си.

ХЛОИНИТ

Сложный титано-ниобат Y, Fe, U, Th. Микрористаллический. Излом раковисто-занозистый. Твердость 5—6,5, Уд. вес 5,24. Цвет черный. Блеск полуметаллический. Слабо магнитный. Просвечивает только в тонких осколках. Изотропный. $N = 2,10—2,27$. Сильно радиоактивный. Встречается очень редко в элювии пегматитовых жил.

ХЛОРИТЫ

Химический состав. Группа слюдистых минералов, часто являющихся продуктами изменения амфиболов и слюд. В химическом отношении они являются силикатами Al, Fe и Mg, содержащими химически связанную H_2O .

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Таблитчатые псевдогексагональные кристаллы. Спайность по (001) совершенная. Листочки гибкие, но не упругие. Твердость 2—2,5. Уд. вес 2,6—2,85 (некоторые ожелезненные хлориты до 3,45). Блеск на плоскостях спайности перламутровый, на боковых плоскостях стеклянный. Цвет зеленый, фиолетовый, розовый. Слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Просвечивающий до прозрачного. Показатель преломления низкий: $N_m = 1,576—1,60$ для пеннина, $N_m = 1,57—1,59$ для клинохлора. Двупреломление у клинохлора среднее ($N_g—N_p = 0,011$); у пеннина низкое ($N_g—N_p = 0,003$). Некоторые разности обнаруживают двуосную фигуру и могут быть положительными или отрицательными. $2V$ непостоянен даже в одном и том же кристалле и изменяется от 0 до 90° . При $2V = 0$ дает псевдоодноосную фигуру. У окрашенных разностей наблюдается плеохроизм от зеленого до желтого.

Химические свойства. Частично разлагается HCl и полностью H_2SO_4 .

Особенности минерала в шлихах. Обычно присутствует в россыпи в гибких слюдоподобных пластинках или чешуйках, окрашенных в зеленый цвет и обладающих перламутровым блеском.

Источники происхождения. Сланцы, филлиты и подобные им метаморфизованные породы.

Спутники. Лимонит, кальцит, слюды, пироксены, амфиболы, гранаты, эпидот, шпинель.

Разновидности. *Пеннин* — псевдотригональный хлорит, обычно оптически одноосный.

Клинохлор — близок к пеннину, отличается по химическому составу.

Прохлорит, *корундофиллит* и другие разновидности хлорита не обладают явно кристаллическими свойствами.

Методы определения и отличие от других минералов. Точное определение отдельных разновидностей хлорита представляет большие трудности. Обычно хлоритом называют сложный продукт разложения амфиболов, пироксенов или слюд. Он определяется по пластинчатому, слюдистому габитусу, зеленой окраске и перламутровому блеску. Оптические свойства весьма непостоянны. Обычно характеризуется низкими ультрасиними интерференционными цветами; часто совершенно изотропен. По внешнему виду сходен со слюдами, от которых обычно отличается зеленой окраской и низкими цветами интерференции.

ХРИЗОБЕРИЛЛ

Синоним. Цимофан.

Химический состав. $BeAl_2O_4$. Содержит примеси Fe_2O_3 и Cr_2O_3 .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы таблитчатые по (100). Обычно двойники по (031), часто повторные, образующие псевдогексагональные кристаллы с входящими углами или без них. Грани (100) часто покрыты вертикальной штриховкой. В двойниках наблюдается перистая штри-

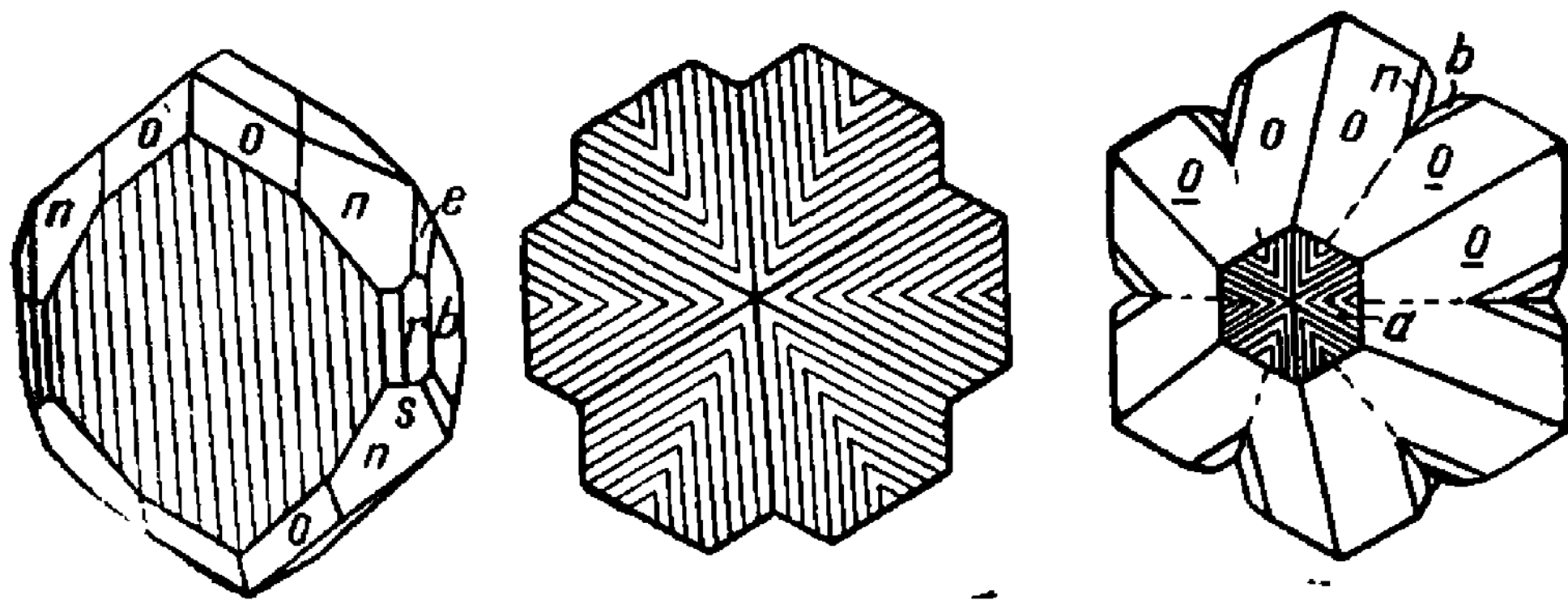


Рис. 55. Хризоберилл. Формы кристаллов

ховка (рис. 55). Спайность по (011) хорошая, по (010) несовершенная и по (100) неясная. Излом раковистый, неровный. Хрупкий. Твердость 8,5. Уд. вес 3,5—3,84. Блеск стеклянный. Цвет зеленый, желтый, желтовато-зеленый. Черта бесцветная. Иногда имеет включения окислов железа и окиси хрома. Немаг-

нитный. Плохой проводник электричества. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует вишневым или зеленым цветом.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,753—1,758$; $N_p = 1,744—1,747$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,009$. Оптически двуосный, положительный. $2 E = 85^\circ$. $2 V = 45—71^\circ$. Показатели преломления и угол между осями колеблются в разных частях одного образца. Плеохроизм: N_p — красный; N_m — оранжево-желтый; N_g — изумрудно-зеленый.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. В кислотах не растворяется. С содой и бурой сплавляется с большим трудом. Порошок минерала, смоченный раствором $Co(NO_3)_2$, при прокаливании в окислительном пламени окрашивается в синий цвет.

О с о б е н н о с т и м и н е р а л а в ш л и х а х. Минерал редкий. Обычно встречается в виде окатанных плоских зерен зеленого цвета, часто матовых с поверхности. Наблюдаются двойники. Иногда зерна обладают характерными переливами окраски и красным отсветом от поверхности трещин.

И с т о ч н и к и п р о и с х о ж д е н и я. Гранит, слюдистые сланцы.

С п у т н и к и. Берилл, фенакит, топаз, эвклаз, флюорит, апатит, турмалин, гранат.

И з м е н е н и я. С поверхности становится матовым.

Р а з н о в и д н о с т и. *Александрит* — изумрудно-зеленый в отраженном свете, при искусственном освещении и в проходящем свете кажется красным. Драгоценный камень.

Кошачий глаз — зеленоватый хризоберилл с красивыми волнообразными переливами.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по окраске и форме зерен, проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления и слабому двупреломлению. По внешнему виду иногда сходен с оливином, от которого легко отличается путем погружения в жидкость Рорбаха: оливин всплывает, а хризоберилл тонет.

ХРОМИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. $FeCr_2O_4$, или $FeO \cdot Cr_2O_3 \cdot Fe$ · частично замещается Mg; Cr замещается Al и Fe· с образованием переходных разностей к пикотиту.

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Кубической сингонии. Кристаллизуется в октаэдрах. Спайности не наблюдается. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 5,5. Уд. вес 4,0—4,9. Блеск металлический, полуметаллический. Цвет железно-черный и коричнево-черный, в тонких осколках просвечивает красноватым. Черта бурая. Часто содержит включения окислов железа. Слабо или умеренно магнитный. Хороший проводник электричества.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает. $N = 2,07—2,16$. Изотропный.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. После сплавления со смесью соды и селитры дает реакцию на Cr с AgNO_3 .

Особенности минерала в шлихах. Встречается в виде окатанных октаэдрических или угловатых неправильных зерен. На поверхности зерен часто наблюдаются мелкие углубления и неровности. В россыпях сохраняется хорошо и может переноситься на большие расстояния от коренных месторождений.

Источники происхождения. Ультраосновные изверженные породы.

Спутники. Магнетит, шпинель, оливин, платина.

Изменения. Иногда отмечается лимонитизация с поверхности минерала.

Разновидности. *Хромитит* FeCrO_3 . Минерал очень редкий, наблюдается в мелких октаэдрических зернах.

Митчеллит — магнезиальный хромит.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по черному цвету, металлическому блеску и октаэдрической форме кристаллов. Проверяется химической реакцией на Cr. По внешнему виду сходен с магнетитом и темноокрашенными шпинелями. От магнетита отличается слабыми магнитными свойствами; от шпинелей — меньшей твердостью и непрозрачностью.

ЦЕРУССИТ

Химический состав. PbCO_3 .

Физические свойства. Ромбической сингонии. Кристаллы таблитчатые по (010), призматические или пирамидальные. Часто образует двойники по (110) и (130); иногда двойники и тройники прорастания, имеющие форму шестилучевой звезды. Встречается также в натечных сталактитообразных формах. Спайность по (110) и по (021) ясная. Излом раковистый. Твердость 3—3,5. Уд. вес 6,4—6,6. Блеск алмазный. Цвет бурый, белый, серый, желтый, иногда бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный. Обладает голубой люминесценцией в катодных и рентгеновских лучах и желтой в ультрафиолетовых.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего по краям. Показатель преломления очень высокий: $N_g = 2,076$; $N_p = 1,803$. Двупреломление очень высокое, как у всех карбонатов: $N_g - N_p = 0,273$. Оптически двуосный, отрицательный. $2V = 8^\circ$. Дисперсия заметная, $r > v$.

Химические свойства. Легко растворяется в HNO_3 с шипением. Раствор дает реакцию на Pb с KJ.

Особенности минерала в шлихах. Встречается в россыпях очень редко, лишь вблизи коренных месторождений. Присутствует обычно в окатанных зернах, изредка сохраняются двойники звездчатой формы.

Источники происхождения. Жилы, содержащие свинцовые руды.

Спутники. Галенит, англезит.

Изменения. Благодаря малой твердости в россыпях легко подвергается механическому истиранию.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по сильному алмазному блеску, малой твердости и при наличии двойников по их звездчатой форме. Проверяется по растворимости в кислотах, химической реакции на Pb и под микроскопом по оптическим свойствам. По внешнему виду может быть сходен с кальцитом, баритом, шеелитом, апатитом и некоторыми другими минералами. От них (кроме кальцита) отличается по растворимости в кислотах с шипением. От кальцита отличается химической реакцией на Pb.

ЦИНК

Zn. Неправильные зерна. Твердость 2. Уд. вес 6,9—7,2. Очень хрупкий. Легко плавится. Горит синим пламенем, выделяя ZnO. Обнаружен в золотоносных россыпях.

ЦИРКОН

Химический состав. $Zr SiO_4$, часто содержит незначительную примесь Fe_2O_3 .

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Призматические или дипирамидальные кристаллы, иногда более сложные формы (рис. 56). Образует коленчатые двойники по (101), как у рутила и касситерита. Спайность по (110) и (111) несовершенная. Излом раковистый, неровный. Твердость 7,5. Уд. вес обычно 4,68—4,70, но у некоторых разновидностей изменяется в более широких пределах — от 3,98 до 4,86. Блеск алмазный. Бесцветный, бледножелтый, розовый, бурый, зеленый, красный, темнобурый до черного. Черта бесцветная. Иногда содержит жидкие включения, а также включения апатита, ксенотима и редких земель. Немагнитный. Плохой проводник электричества. Обладает желтой, оранжевой или зеленой люминесценцией в катодных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучах.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,968—2,015$; $N_p = 1,923—1,960$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,045—0,55$. Оптически одноосный, положительный, но иногда аномально двуосный. В некоторых густоокрашенных разностях наблюдается слабый плеохроизм.

Химические свойства. В кислотах не растворяется. В порошке сплавляется с содой и после растворения в разбавленной HCl окрашивает куркумовую бумагу в оранжевый цвет.

Особенности минерала в шлихах. Циркон в россыпях весьма устойчив и пользуется широким распространением.

Встречается обычно в виде хорошо сохранившихся кристаллов призматического облика или в более сложных формах; иногда наблюдаются окатанные прозрачные зерна или неправильные остроугольные обломки. Замечено, что окрашенные разновидности циркона чаще присутствуют в окатанных зернах, нежели бесцветные.

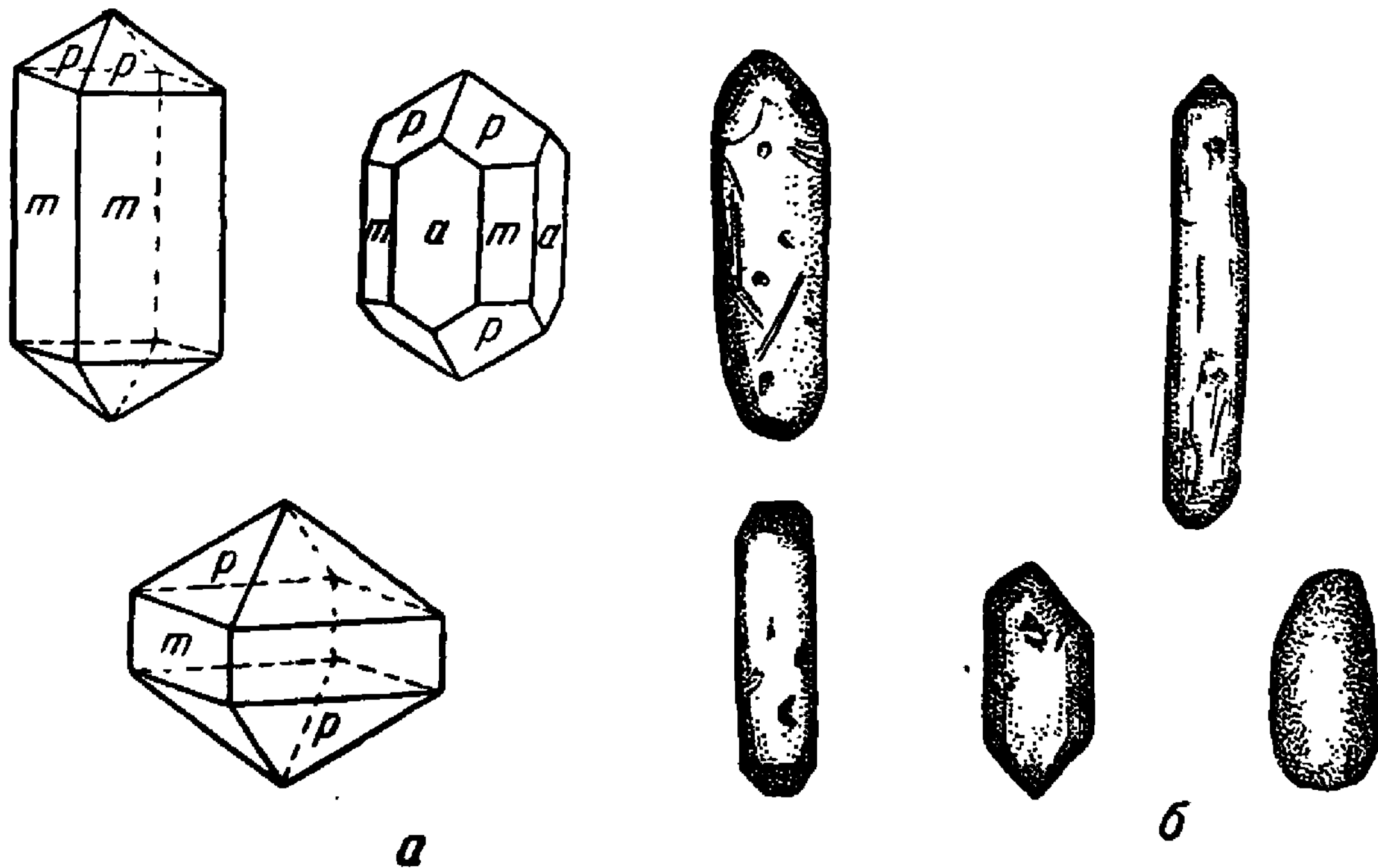


Рис. 56. Циркон

a — формы кристаллов; *б* — формы зерен, встречающихся в шлихах

Источники происхождения. Различные изверженные породы, в особенности кислые и средние, пегматиты.

Спутники. Ильменит, магнетит, апатит, турмалин, гранат, монацит, золото, корунд, рутил.

Изменения. Обычно устойчивый, но некоторые редкие разновидности иногда с поверхности покрываются корочкой продуктов разрушения.

Разновидности. *Гиацинт* — прозрачный циркон оранжевого, красного, фиолетового или буроватого цвета.

Циртолит — разновидность циркона, содержащая примеси U, редких земель, Hf и H₂O. Бурого цвета. Твердость меньше 6. Уд. вес 4,10. Показатель преломления и двупреломление ниже, чем у нормального циркона. Иногда изотропный.

Малакон — разновидность циркона, содержащая некоторое количество воды. Твердость 6. Уд. вес 3,89—3,93.

Наэлит — циркон, содержащий примеси Hf, Th, U, Ta и Nb. Цвет зеленый или бурый. Твердость 7,5. Уд. вес 4,1. Обычно изотропный.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по призматической форме кристаллов, сильному блеску и высокой твердости. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, сильному двупреломлению и по другим оптическим свойствам. По внешнему виду может быть сходен с касситеритом, рутилом, ксенотимом.

От касситерита отличается меньшим удельным весом и отрицательной реакцией на оловянное зеркало при восстановлении на цинковой пластинке; от рутила — меньшей прозрачностью последнего и отсутствием химической реакции на Ti ; от ксенотима — более высоким показателем преломления и отсутствием химической реакции на P .

ЦОИЗИТ

Химический состав. $Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$. Иногда Al замещается Fe и минерал по составу приближается к эпидоту.

Физические свойства. Ромбической сингонии, образует призматические кристаллы, сильно исштрихованные или с вертикальными бороздками на гранях. Спайность по (010) весьма совершенная. Излом неровный до неяснораковистого. Хрупкий. Твердость 6—6,5. Уд. вес 3,25—3,36. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Цвет белый, серый, зеленоватый, буроватый, красный. Черта бесцветная. Иногда содержит включения тонких зеленых кристаллов амфиболов, собранных в лучистые агрегаты. Немагнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,702—1,706$; $N_p = 1,696—1,700$. Двупреломление низкое: $N_g - N_p = 0,005—0,009$. В мелких зернах, ориентированных по (100), при малом угле оптических осей, интерференционная окраска темная индигово-синяя, почти ультрасиняя. Оптически двуосный, положительный. $2V$ изменяется в широких пределах (от 0 до 60°) в зависимости от количества Fe , присутствующего в минерале. В крупных зернах наблюдается плеохроизм от синевато-зеленого до желтого; в тулите — от розового до темно-розового или желтого. Сильная дисперсия, $r < v$ при отсутствии Fe и $r > v$ в разностях, содержащих 5% Fe_2O_3 .

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях встречается в неправильных угловатых или окатанных зернах. Призматические кристаллы сохраняются редко.

Источники происхождения. Кристаллические сланцы, метаморфизованные основные изверженные породы.

Спутники. Эпидот, клиноцоизит, амфибол, везувиан, кианит, корунд, гранат.

Разновидности. *Тулит* — розово-красный цоизит, обладающий сильным плеохроизмом.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по бледной окраске и призматической форме зерен. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, низкому двупреломлению и ультрасиней интерференционной окраске. Плеохроизм обычно наблюдается только у розовой разности (тулит). По внешнему виду тулит иногда сходен с андалузитом, от которого отличается

менее сильным плеохроизмом и более высоким показателем преломления. Зеленоватый цоизит сходен с эпидотом и везувианом, от которых отличается более низким двупреломлением и ультра-синими цветами интерференции.

ШЕЕЛИТ

Химический состав. CaWO_4 . Часто содержит примеси Mo и Cu.

Физические свойства. Тетрагональной сингонии. Кристаллы октаэдрического или таблитчатого габитуса (рис. 57).

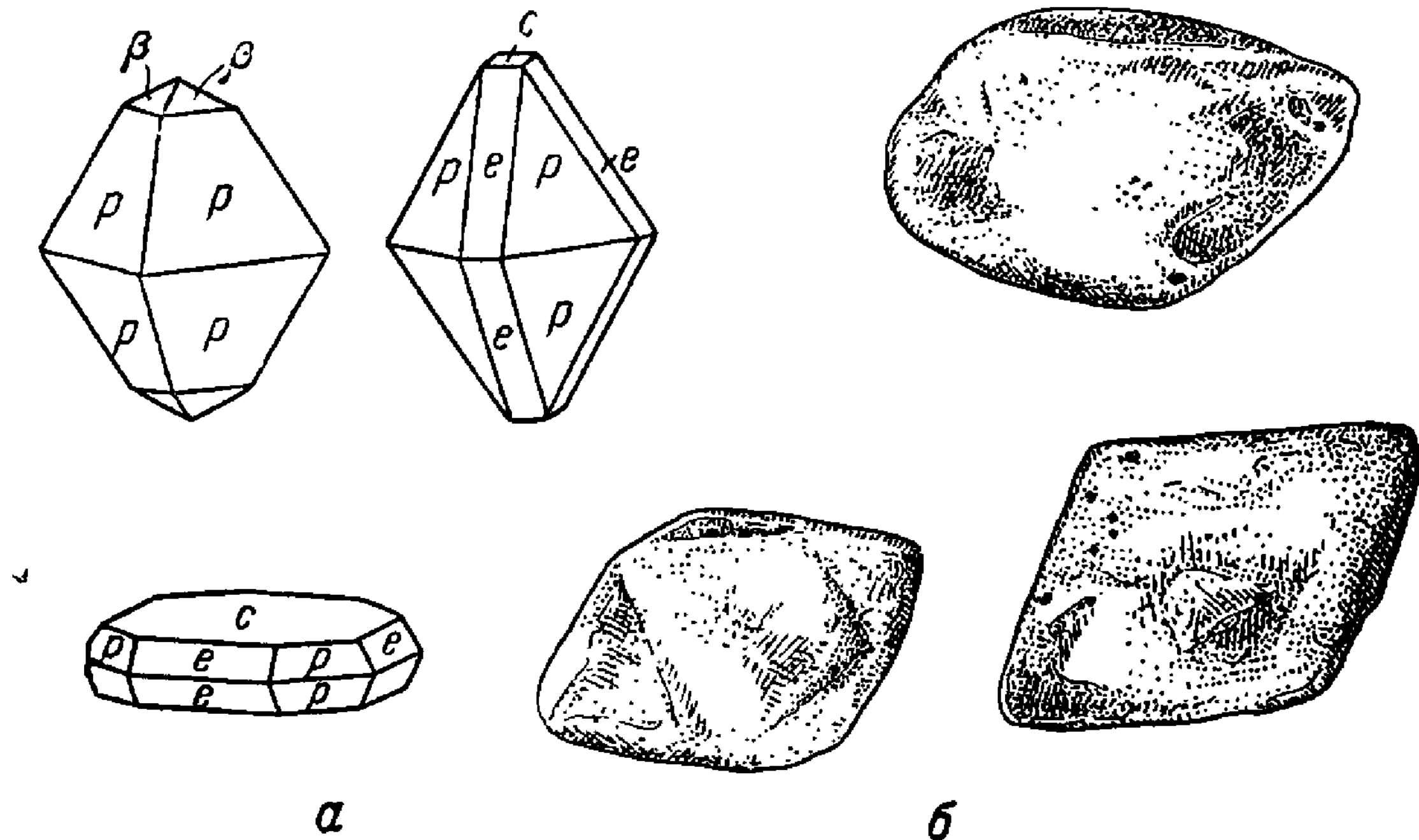


Рис. 57. Шеелит

a — формы кристаллов; *б* — формы зерен, встречающихся в шлихах

Образует двойники по плоскости (100). Спайность по (111) ясная, по (101) слабая. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 4,5—5. Уд. вес 5,8—6,2, уменьшается с повышением содержания MoO_3 . Блеск стеклянный до алмазного. Иногда шелковистый. Цвет белый, желтоватый, зеленоватый. Черта бесцветная. Немагнитный или слабо магнитный. Плохой проводник электричества. В ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучах люминесцирует ярким голубым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,937$; $N_p = 1,920$. Двупреломление среднее: $N_g - N_p = 0,016$. Оптически одноосный, положительный. Плеохроизм не наблюдается.

Химические свойства. В HCl и HNO_3 шеелит растворяется при нагревании с выделением желтой вольфрамовой кислоты H_2WO_4 , растворимой в аммиаке. При нагревании зерен шеелита с HCl и металлическим оловом или кристаллическим SnCl_2 на предметном стекле или в фарфоровом тигле минерал приобретает интенсивную синюю окраску.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях шеелит легко разрушается и в крупных зернах встречается лишь вблизи коренных месторождений. Обычно присутствует в неправильных окатанных зернах молочно-белого цвета с характерным шелковистым блеском. Реже сохраняются окатанные дипирамидальные или таблитчатые кристаллы.

Источники происхождения. Пегматитовые или рудные жилы в гранитах и гнейсах. Контактново-метаморфические породы.

Спутники. Турмалин, касситерит, топаз, вольфрамит, флюорит, апатит, молибденит, золото.

Изменения. Может превращаться в вольфрамит.

Разновидности. *Купрошеелит* — зеленый шеелит, содержащий до 6,8% CuO .

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по молочно-белому цвету, шелковистому блеску, высокому удельному весу и по форме кристаллов (если она сохраняется). Проверяется по растворимости в HCl с выделением желтого осадка, по синей окраске при реакции на W со SnCl_2 и под микроскопом по высокому показателю преломления и относительно низкому двупреломлению. В катодных лучах люминесцирует голубым цветом. В окатанных зернах по внешнему виду сходен с апатитом, баритом и другими минералами, от которых отличается химической реакцией с HCl и SnCl_2 .

ШИНЕЛЬ

Химический состав. MgAl_2O_4 . Химический состав непостоянен; Mg часто замещается Fe^{2+} или Mn , а Al замещается Fe^{3+} и Cr .

Физические свойства. Кубической сингонии. Кристаллизуется обычно в октаэдрах, реже в додекаэдрах или кубах (рис. 58). Иногда образует двойники по (111). Спайность несовершенная по (111). Излом раковистый. Твердость 8. Уд. вес 3,5—4,1. Блеск стеклянный до матового. Цвет красный, бурый, голубой, зеленый, реже синий, черный и белый. Черта бесцветная. Обычно немагнитная, но разности, содержащие значительные примеси железа, попадают в электромагнитную фракцию. Непроводник электричества.

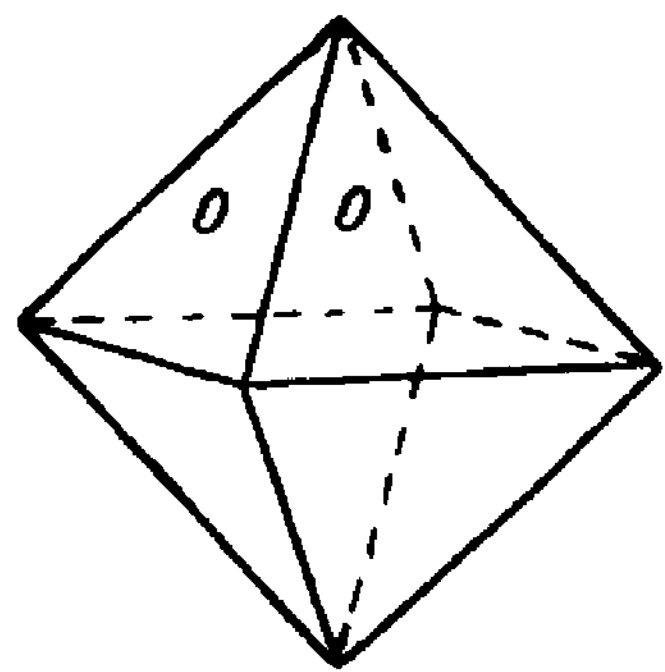


Рис. 58. Шпинель. Форма кристалла

Оптические свойства. Темноокрашенные разности почти непрозрачны. Показатель преломления высокий, зависит от состава и окраски минерала. $N = 1,715—2,00$. Не плеохроичен и строго изотропен. Оптической аномалии не наблюдается.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях обычно встречается в окатанных октаэдрах различной окраски; неправильные зерна наблюдаются редко.

Источники происхождения. Метаморфизованные известняки и сланцы, гнейсы; ультраосновные изверженные породы.

Спутники. Корунд, циркон, гранат, хромит, кианит, хризоберилл, магнетит.

Изменения. Обычно не наблюдаются.

Разновидности. *Рубиновая шпинель* — красная шпинель.

Цейлонит или плеонаст — зеленая или черная немагнитная шпинель.

Хромшпинель — по составу занимает промежуточное положение между хромитом и шпинелью. Темная желтовато- или зеленовато-бурая. Средне магнитная.

Ганит (цинковая шпинель) $ZnAl_2O_4$ — темнозеленая или зеленовато-коричневая. Уд. вес 4,0—4,6. $N = 1,82$.

Методы определения и отличие от других минералов. Шпинель легко определяется по октаэдрической форме кристаллов и по большой твердости. Проверяется под микроскопом по изотропности и высокому показателю преломления. Неправильные осколки шпинели трудно отличить от граната.

ШТОЛЬЦИТ

$PbWO_4$. Пирамидальные кристаллы тетрагональной сингонии. Твердость 3. Уд. вес 7,87—8,13. Цвет зеленый, серый или бурый. Показатель преломления очень высокий. $N_g = 2,27$; $N_p = 2,19$.

ЭВКЛАЗ

Химический состав. $Be_2Al_2Si_2O_8[OH]_2$.

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Призматические кристаллы, образующие иногда радиальнолучистые агрегаты. Спайность по (010) совершенная, по (100) и (001) несовершенная. Излом неровный. Хрупкий. Твердость 7,5. Уд. вес 3,0—3,1. Блеск стеклянный. Цвет бледнозеленый, бурый, синий или бесцветный. Черта бесцветная. Немагнитный.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного. Показатель преломления высокий: $N_g = 1,671$; $N_p = 1,652$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,019$. Оптически двуосный, положительный. $cN_g = 41^\circ$. $2V = 50^\circ$. Дисперсия: $r > v$. Иногда наблюдается плеохроизм.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Особенности минерала в шлихах. Очень редкий. Встречается в россыпях в окатанных зернах неправильной или призматической формы, иногда в виде пластинок по спайности.

Источники происхождения. Пегматиты. Хлоритовые сланцы, гнейсы.

С п у т н и к и. Другие бериллиевые минералы, золото, топаз, рутил.

И з м е н е н и я. Не наблюдаются.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по окраске и форме зерен. Проверяется под микроскопом по показателю преломления и углу погасания. Дает химическую реакцию на Ве с хинализарином. Косвенным доказательством правильности определения может служить совместное нахождение других бериллиевых минералов — берилла, хризоберилла и фенакита.

ЭНСТАТИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. $Mg_2[Si_2O]_6$. Обычно содержит примеси Fe, изоморфно замещающего Mg. Относится к группе ромбических пироксенов.

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Ромбической сингонии. Кристаллы призматического габитуса, иногда образует пластинчатые или звездчатые двойники. Спайность совершенная по (110) и (010), менее совершенная по (100). Излом неровный. Твердость 5—6. Уд. вес 3,1—3,3. Блеск стеклянный до перламутрового, металлоподобный у бронзита. Цвет серый, желтоватый, зеленоватый, белый. Черта бесцветная. Немагнитный. Плохой проводник электричества.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий, изменяется в зависимости от содержания железа. $N_g = 1,665—1,671$; $N_p = 1,656—1,660$. $2V = 69—72^\circ$. Двупреломление низкое: $N_g—N_p = 0,009—0,011$. Оптически двуосный, положительный. Дисперсия слабая, $r > v$. Плеохроизм слабый, усиливающийся с увеличением содержания железа: N_p — желтый; N_m — буровато-желтый; N_g — зеленый.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. В кислотах не растворяется.

О с о б е н н о с т и м и н е р а л а в ш л и х а х. Встречается в россыпях в таблитчатых или неправильных зернах, реже сохраняются призматические кристаллы. Среди других минералов энстатит обычно выделяется грязно-зеленой окраской, стеклянным или перламутровым блеском пластинок по спайности.

И с т о ч н и к и п р о и с х о ж д е н и я. Основные и ультраосновные изверженные породы, реже метаморфизованные осадочные породы.

С п у т н и к и. Оливин, апатит, пироксены и амфиболы.

Р а з н о в и д н о с т и. Бронзит — железистый энстатит, обладающий зеленоватой или коричневой окраской и металлоподобным блеском.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по грязно-зеленой окраске зерен и перламутровому блеску на плоскостях спайности. Проверяется под микроскопом по показателю преломления, низкому двупре-

ломлению и другим оптическим свойствам. Обычно содержит включения магнетита, апатита или циркона. По внешнему виду сходен с гиперстеном, от которого отличается более низкими показателем преломления и двупреломлением, слабым плеохроизмом и положительным оптическим знаком.

ЭПИДОТ

Синоним. Пистацит.

Химический состав. $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$. Состав весьма непостоянный. Содержит примеси Mn (пьемонтит), Y, Er, Ce и др. (алланит).

Физические свойства. Моноклинной сингонии. Кристаллы обычно призматические или игольчатые (рис. 59). Образует двойники по (100),

часто полисинтетические. Спайность по (001) совершенная, по (100) несовершенная.

Излом неровный. Хрупкий. Твердость 6—7. Уд. вес 3,35—3,38. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности (001) перламутровый. Цвет зеленый различных оттенков, бурый, черный.

Черта бесцветная, сероватая. Иногда содержит

включения железистых минералов. Слабо магнитный. Плохой проводник электричества.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Высокий показатель преломления: $N_g = 1,771—1,780$; $N_p = 1,729—1,734$. $2V = 68—73^\circ$. Двупреломление высокое: $N_g - N_p = 0,033—0,051$. Оптически двуосный, отрицательный. Пластинки по (100) дают характерную интерференционную фигуру, называемую «стрелкой компаса». Угол оптических осей, показатели преломления и сила двупреломления значительно изменяются в зависимости от состава минерала. Плеохроизм обычно слабый: N_p — желтый; N_m — бурый; N_g — зеленый. Дисперсия осей слабая, $r > v$.

Химические свойства. Частично растворяется в HCl.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях обычно встречается в зеленовато-желтых или зелено-бурых зернах, покрытых мелкими трещинами. Форма зерен неправильная, угловатая, реже округлая.

Источники происхождения. Метаморфизованные осадочные или изверженные породы, содержащие много Ca.

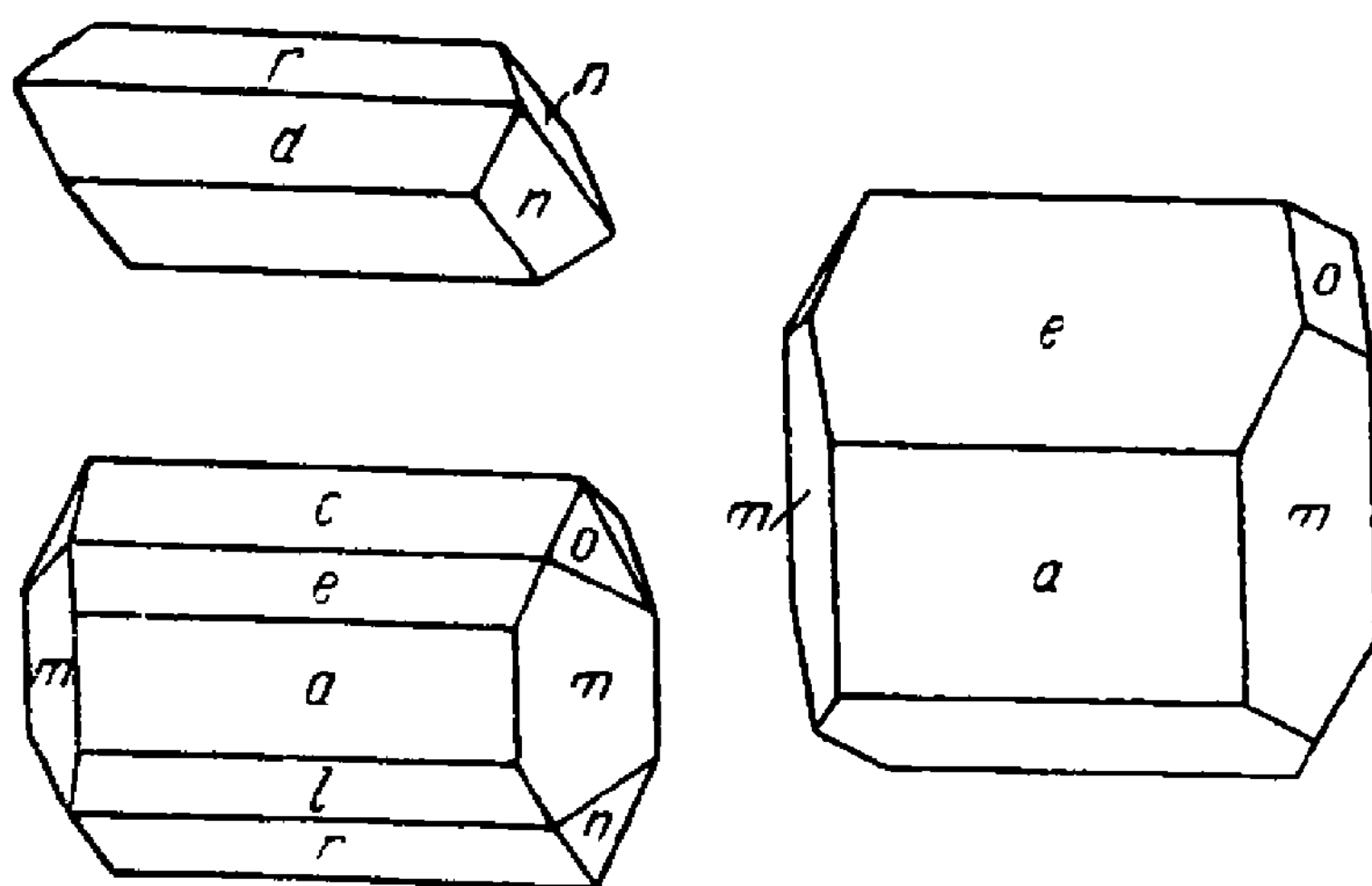


Рис. 59. Эпидот. Формы кристаллов

Гнейсы, слюдяные или роговообманковые сланцы, метаморфизованные кварциты, песчаники, известняки.

С п у т н и к и. Цоизит, клиноцоизит, ильменит, лейкоксен, везувиан, гранат, авгит, аксинит.

И з м е н е н и я. Иногда наблюдается потускнение зерен с поверхности и образование бурых железистых пленок.

Р а з н о в и д н о с т и. *Ортит, цоизит, клиноцоизит* — описаны как самостоятельные минералы.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по зеленовато-желтой окраске зерен, по трещиноватости. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, по двупреломлению, отрицательному знаку и слабому плеохроизму. Уплощенные обломки дают интерференционную фигуру, напоминающую стрелку компаса. По внешнему виду может быть сходен с оливином, авгитом и монацитом, от которых отличается оптическими свойствами.

ЭШИЦИТ

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. Ниобат и титанат (торат) Ce, Fe, Ca и др. — $(\text{Ce, Y, Er, Ca, Th...})(\text{Ti, Nb...})_2\text{O}_6$.

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Ромбической сингонии. Призматические, псевдоромбические кристаллы. Излом неяснораковистый. Хрупкий. Твердость 5—6. Уд. вес 4,93—5,17. Блеск полуметаллический, смолистый. Цвет черный, бурый. Черта серая, бурая. Слабо электромагнитный. Радиоактивный.

О п т и ч е с к и е с в о й с т в а. Непрозрачный или просвечивающий. Показатель преломления очень высокий: $N = 2,20—2,26$. Изотропный, но после нагревания обнаруживает двупреломление.

Х и м и ч е с к и е с в о й с т в а. В HCl не растворяется. Частично разлагается серной кислотой. После сплавления с KOH дает реакцию на Th .

О с о б е н н о с т и м и н е р а л а в ш л и х а х. Минерал очень редкий. Встречается в россыпях в несовершенных призматических кристаллах с шероховатой поверхностью граней.

И с т о ч н и к и п р о и с х о ж д е н и я. Пегматиты.

С п у т н и к и. Эвклаз.

М е т о д ы о п р е д е л е н и я и о т л и ч и е о т д р у г и х м и н е р а л о в. Определяется по окраске и форме зерен. Проверяется химической реакцией на Th . Часто точное определение минерала может быть проведено лишь после количественного химического анализа.

ЯНТАРЬ

С и н о н и м. Сукцинит.

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. Углеводороды, иногда отвечающие формуле $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$.

Физические свойства. Аморфный. Выделяется в округлых натечных формах. Спайности не наблюдается. Излом раковистый, неровный. Твердость 2—2,5. Уд. вес 1,05—1,09. Блеск смолистый, стеклянный. Цвет желтый, коричневый. Черта желтоватая. Часто отмечаются включения углистых веществ. Иногда содержит насекомых. Немагнитный. Температура плавления 250—400°; начинает размягчаться при 150°. Обладает зеленой или красновато-желтой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Прозрачный или полупрозрачный благодаря включению мелких пузырьков. Показатель преломления низкий: $N = 1,53—1,54$. Изотропный.

Химические свойства. Частично растворяется в спирте, эфире и скипидаре. Горит коптящим пламенем.

Особенности минерала в шлихах. В россыпях встречается редко, в виде округлых, исцарапанных с поверхности зерен. Благодаря малой твердости быстро разрушается. Из-за малого удельного веса янтарь обычно не попадает в шлихи при промывке песков, но по своей желтой окраске легко обнаруживается в процессе промывки в ковше или на вашгерде и бутаре.

Источники происхождения. Янтарь представляет собой ископаемую смолу хвойных деревьев.

Спутники. Лигнит, остатки растений.

Изменение. С поверхности тускнеет.

Методы определения и отличие от других минералов. Определяется по окраске, форме зерен, малой твердости и исключительно малому удельному весу. Проверяется по легкой сгораемости. В легкой фракции сходных с ним минералов не наблюдается.

СПИСОК НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ ШЛИХОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. Бинокляр		22. Спиртовки стеклянные	2 шт.
2. Микроскоп		23. Стаканчики для взвешивания	10 „
3. Электромагнит		24. Стекла предметные	100 „
4. Разрядник искровой		25. Стекла покровные	200 „
5. Аппаратура для катодолюминесцентного анализа		26. Стекла часовые диаметром 4—5 см	20 „
6. Штативы железные с лапками и кольцами		27. Чашки фарфоровые диаметром 5—6 см	20 „
7. Магнит постоянный		28. Чашки фарфоровые диаметром 17—20 см	1 „
8. Весы аптекарские с разновесом		29. Тигли фарфоровые	20 „
9. Ступка агатовая		30. Иглы препаровальные	20 „
10. Печка для просушки образцов		31. Пинцеты	3 „
11. Проволока платиновая		32. Щипцы никелированные	1 „
12. Ложка платиновая		33. Молоток минералогический	1 „
13. Набор жидкостей и сплавов с определенными показателями преломления		34. Молоток геологический	1 „
14. Паяльная трубка		35. Сита (набор)	1 „
15. Перегонный аппарат для получения дистиллированной воды		36. Сетки асбестовые	5 „
16. Цилиндры мерные на 50 мл	1 шт.	37. Ерши для мытья посуды	3 „
Цилиндры мерные на 100 мл	1 „	38. Зажимы металлические	20 „
Цилиндры мерные на 10 мл	2 „	39. Треугольники фарфоровые	5 „
17. Колбы плоскодонные на 1000 мл	2 „	40. Фильтры беззольные	10 пачек
18. Колбы Эрленмейера на 50 мл	40 „	41. Капельницы стеклянные	20 шт.
19. Стаканы химические на 50 мл	10 „	42. Каучуковые трубки и пробки	
20. Воронки делительные	20 „	43. Склянки с притертыми пробками на 100—150 мл	10 „
21. Воронки диаметром 5—6 см	20 „	44. Склянки с притертыми пробками на 250 мл	2 „

45. Склепки с притер- тыми пробками на 1000 мл	1 шт.	12. Аммоний щавелево- кислый	10 г
46. Пробирки на 10— 15 мл	20 „	13. Бензидин основной или солянокислый	5 „
47. Пробирки на 0,5— 1 мл	50 „	14. Бумага лакмусовая	10 книжек
48. Полотенца	2 „	15. Дистиллированная во- да	
49. Халат	1 „	16. Диметилглиоксим	1 г
50. Примус	1 „	17. Дифенилкарбазид или дифенилсемикарбазид	1 „
51. Ножницы	1 „	18. Какотелин	1 „
52. Бумага оберточная	2 кг	19. Калий азотнокислый (селитра)	50 „
53. Стекланные палочки	10 шт.	20. Калий иодистый	50 „
54. Тигли железные	5 „	21. Калий железистоси- неродистый	1 „
55. Штатив для пробн- рок	1 „	22. Калий железосинеро- дистый	1 „
56. Держатели для про- бирок	5 „	23. Калий ксантогеново- кислый	1 „
57. Карандаши восковые для стекла	10 „	24. Калий пррсернокис- лый (получается про- каливанием в плати- новой чашке кислого сернокислого калия)	200 „
58. Ложки роговые	3 „	25. Калий роданистый	1 „
59. Набор сверл		26. Натрий азотнокислый (селитра)	50 „
60. Лупы минералогиче- ские	2 „	27. Натрий едкий	50 „
61. Напильник	1 „	28. Натрий пирофосфор- нокислый	5 „
Реактивы для разделения шлихов (500—600 проб)		29. Натрий родизоново- кислый	1 „
1. Бромформ	4—5 кг	30. Натрий углекислый (сода)	200 „
2. Спирт денатуриро- ванный	6—8 л	31. Перекись натрия	10 „
Реактивы для химических реакций (примерное количество для 500—600 анализов)		32. Олово металлическое гранулированное	10 „
1. Азотная кислота уд. веса 1,4	100 г	33. Перекись водорода	50 мл
2. Винная кислота	10 „	34. Родамин В	1 г
3. Серная кислота уд. веса 1,84	100 „	35. Серебро азотнокис- лое	5 „
4. Соляная кислота уд. веса 1,19	200 „	36. Спирт этиловый	100 мл
5. Уксусная кислота	100 „	37. Таннин	1 г
6. Аммиак 25%-ный	50 „	38. Уголь древесный	
7. Ализарин-рот	1 „	39. Хинализарин	1 г
8. Аммоний молибдено- вокислый	5 „	40. Цинк гранулирован- ный	100 „
9. Аммоний надсерно- кислый	5 „	41. Цинхонин или алка- лоидные остатки	1 „
10. Аммоний роданистый	5 „		
11. Аммоний хлористый	10 „		

ЛИТЕРАТУРА

Общие руководства

- Аверин А. А. Инструкция по изучению и опробованию россыпных месторождений редких и малых металлов. ГОНТИ, 1938.
- Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, 1950.
- Бнлибин Ю. А. Геология россыпей. ГОНТИ, 1938.
- Винчелл А. Н. Оптическая минералогия. Издат. ииостр. лит., 1949.
- Войтович А. Краткое руководство по опробованию россыпей на золото и редкие металлы. Госгеолиздат, 1941.
- Дана Э. С. Описательная минералогия. ОНТИ, 1937.
- Зееман Т. В. и Лурье М. Л. Инструкция по составлению шлиховых карт. ГОНТИ, 1938.
- Копченова Е. В. Минералогический анализ шлихов. Труды ВИМС, вып. 161, 1940.
- Ларсен Е. и Берман Г. Определение прозрачных минералов под микроскопом. ОНТИ, 1937.
- Лодочников В. Н. Главнейшие породообразующие минералы. Госгеолиздат, 1947.
- Ложкин В. В. Полевой минералогический анализ шлихов. ОНТИ, 1937.
- Лучицкий В. И. Петрография, тт. I и II. Госгеолиздат, 1947.
- Пилипенко П. П. и Калинин П. В. Определитель минералов при помощи паяльной трубки. Госгеолиздат, 1947.
- Разумовский Н. К. Определение минералов по наружному виду и при помощи паяльной трубки. Горно-нефтяное издат., 1933.
- Рейборн К. и Мильнер Г. Поиски и разведки аллювиальных месторождений. ОНТИ, 1933.
- Сигов А. П. Шлиховые изыскания. Тр. Урал. Геомини и Свердл. горн. ин-та, вып. IV, 1939.
- Смольянинов Н. А. Практическое руководство по минералогии. Госгеолиздат, 1948.
- Чуева М. Н. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. Госгеолиздат, 1950.

Методы анализа

- Алимарин И. П. и Архангельская В. Н. Качественный полумикроанализ. Госхимиздат, 1949.
- Богословский М. Г., Савицкая П. В. и Соломкина С. Г. Люминесцирующие минералы. «Сов. геол.», № 10, 1938.
- Бокий Г. В. Иммерсионный метод. Госгеолиздат, 1948.
- Бонштедт Э. М. Определение удельного веса минералов в тяжелых жидкостях. Издат. АН СССР, 1939.

- Боришанская С. С. Новый способ определения теллура в полированных шлифах. «Сов. геол.», № 27, 1947.
- Вишняков С. Г. Количественный минералогический подсчет песчаных образований Урало-Эмбенского нефтеносного района. Зап. Росс. мин. общ., II сер., ч. 59, 1930.
- Волков С. Т. и Тимофеев Л. В. К вопросу изучения методики отборки средних проб руд и неметаллических ископаемых в лабораторных условиях. Труды ИМП, вып. 60, 1934.
- Вопросы исследования шлихов. Сб. ВИМС. ОНТИ, 1934.
- Воронова Е. А. и Зеeman Т. В. О методике исследования шлихов. Изв. ВГРО, № 4, вып. 64, 1931.
- Глаголев А. А. Геометрические методы количественного анализа под микроскопом. Труды ВИМС, вып. 170, 1941.
- Деркач В. Г. Электростатическое разделение различных минералов (реферат). «Цвет. мет.», № 6, 1949.
- Доливо-Добровольский В. В. и Клименко Ю. В. Рациональный анализ руд. Металлургиздат, 1947.
- Евсевич С. Г. Гравитационный анализ руд в тяжелых суспензиях. «Цвет. мет.», № 4, 1949.
- Еремин П. Ф. О советской шкале отверстий сит. «Цвет. мет.», № 3, стр. 69—70, 1949.
- Жердева А. Н. Атлас шлиховых минералов. Труды ВИМС, вып. 166, 1941.
- Житкова М. К. Простейший метод разделения минералов по удельному весу. Зап. Мин. общ., II сер., ч. 73, вып. 4, 1944.
- Комовский Г. и Аболевский Ф. Люминесценция минералов и аппаратура для ее исследования. «Пробл. сов. геол.», № 4, 1938.
- Комовский Г. Ф. и Разумная Е. Г. Микроскоп с катодной ячейкой и люминесцентный количественный анализ. «Сов. геол.», № 11, 1938.
- Комовский Г., Солодовник С. и Ложникова О. Опыт химической обработки нелюминесцирующих минералов. Изв. АН СССР, сер. физич., т. IX, № 4—5, 1945.
- Копченова Е. В. Методика минералогического анализа шлихов. Сб. «Вопросы исследования шлихов». ОНТИ, 1937.
- Копченова Е. В. О возможных ошибках при определении касситерита методом восстановления. «Зол. пром.», № 6, 1939.
- Копченова Е. В. Методика количественного шлихового анализа. Труды ВИМС, вып. 158, 1940.
- Копченова Е. В. Полевые методы шлихового анализа. «Сов. геол.», № 21, 1947.
- Копченова Е. В. и Карюкина В. Н. Применение капельных химических реакций при минералогическом изучении шлихов. Труды ВИМС, вып. 158, 1940.
- Копченова Е. В. и Лернер Р. Г. Плеочные реакции для открытия тантало-ниобатов в шлихах и концентратах. «Сов. геол.», № 25, 1947.
- Кудрявцева В. М. и Гастинг Н. Л. Аппаратура для полевых и лабораторных определений минералов в шлихах и штуфах по методу катодной люминесценции. «Разв. недр», № 5, 1940.
- Кузнецов В. И. Цветная реакция на четырехвалентное олово. Журн. прикладн. химии, т. XIII, № 5, 1940.
- Кузнецов В. И. Цветная реакция на сурьму с метилвиолетом. Журн. аналит. химии, т. II, № 3, 1947.
- Кузькин С. Ф. О работе двух установок по обогащению касситеритово-вольфрамитовых россыпей. «Цвет. мет.», № 3, 1949.
- Ли А. Ф. Методика сокращения шлиховых проб. «Разв. недр», № 1, 1948.
- Ложкин В. В. Определение теллуридов золота и серебра в шлихах. «Зол. пром.», № 9, 1940.
- Маргулис Я. М. Разъемная воронка для разделения минералов в тяжелых жидкостях. Зап. Всес. мин. общ., 2-я сер., ч. 78, вып. 2, 1949.

- Митрофанов С. И. Предварительное исследование руд на обогатимость в тяжелых суспензиях. «Цвет. мет.», № 1, 1945.
- Митрофанов С. И. и Розин Е. Е. Роль классификации минерала по крупности перед обогащением в тяжелых суспензиях. «Цвет. мет.», № 3, 1949.
- Мошев А. Разделение минералов тяжелыми жидкостями по принципу непрерывного центрифугирования. Зап. Всеросс. мин. общ., ч. XIV, № 1, 1935.
- Назаренко В. А. и Полуэктов Н. С. Полумикрохимический анализ минералов и руд. Госхимиздат, 1950.
- Недлер В. В. Спектральный анализ шлихов и руд на олово, вольфрам и молибден. «Зав. лаб.», т. 7, № 1, 1938.
- Новиков В. А. Применение пленочных реакций и диагностического травления для минералогического анализа шлихов. «Сов. геол.», № 10—11, 1939.
- Новиков В. А. О необходимом весе проб при опробовании россыпей на редкие минералы. «Разв. недр», № 2—3, 1940.
- Новиков В. А. Пленочные реакции для диагностики минералов свинца, висмута, молибдена и ванадия. «Сов. геол.», № 8, 1945.
- Перов В. А. Практика обогащения руд в тяжелых суспензиях. «Цвет. мет.», № 6, 1945.
- Петров В. Определение удельного веса минеральных зерен в микроскопических препаратах. Сб., посвященный акад. Белянкину Д. С. Издат. АН СССР, 1946.
- Плаксин И. Н. Опробование и пробирный анализ. Metallurgizdat, 1947.
- Пожарицкий К. Л. Вопросы теории и практики сокращения проб. «Цвет. мет.», № 6, 1935.
- Пожарицкий К. Л. Определение содержания олова и вольфрама в шлихе и концентрате. «Гори. жури.», № 7—8, 1944.
- Пятнов В. И. Получение чистого бромформа из промывных вод после разделения шлихов. «Сов. геол.», № 25, 1947.
- Рожкова Е. В. и Покровская Т. Л. Применение капельного анализа к анализу шлихов. «Ред. мет.», № 6, 1933.
- Савицкая П. В. Быстрый метод определения вольфрамита и молибдена в шлихах. «Сов. геол.», т. VIII, № 6, 1938.
- Сасим П. С. Методика сбора шлихов. «Разв. недр», № 7, 1936.
- Сигов А. П. Промывка шлихов при геолого-разведочных работах. «Сов. золотопром.», № 3, 1937.
- Сигов А. П. Определение шеелита в шлихах. «Сов. золотопром.», № 3, 1937.
- Сочнев А. Я. Ручные постоянные магниты для шлихового анализа. «Разв. недр», № 1, 1948.
- Сыромятников Ф. В. Микропикнометр для определения удельного веса минералов. «Мин. сырье», № 6, 1930.
- Такаянаев Н. А. Капельный метод. ГОНТИ, 1939.
- Татарский В. Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод определения вещества. Госгеолиздат, 1949.
- Тимофеев А. А. Определение удельного веса минералов в тяжелых жидкостях с помощью небольшого капиллярного сосуда. «Сов. геол.», № 3, 1944.
- Тредвелл Ф. и Голл. Курс аналитической химии. Т. I, Качественный анализ. Госхимиздат, 1946.
- Файгель Ф. Капельный анализ. ОНТИ, 1937.
- Флеров Б. Л. К вопросу о необходимом и достаточном весе проб. «Разв. недр», № 2, 1939.
- Юшко С. А. Микрохимические реакции, применяемые при изучении рудных минералов под микроскопом. Труды ГИН АН СССР, вып. 19, № 3, 1940.

АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МИНЕРАЛОВ

- | | | |
|------------------|------------------------|------------------------|
| Авантюрин 138 | Везувиан 117 | Идокраз 117 |
| Аварунт 162 | Виллоит 118 | Изумруд 112 |
| Авгит 96 | Виридин 103 | Ильменит 133 |
| Агат 138 | Висмут 119 | Индиголит 181 |
| Азурит 96 | Висмутин 119 | Иолит 142 |
| Аквамарин 112 | Висмутовый блеск 119 | Иридиская платина 161 |
| Аксинит 97 | Волластонит 120 | Иридиский осмий 156 |
| Актинолит 98 | Вольфрамит 121 | Иридий 157 |
| Александрит 188 | Воробьевит 112 | Иттрофлюорит 181 |
| Алланит 155 | Вортит 169 | |
| Алмаз 99 | Вульфенит 122 | Кальцит 134 |
| Альмандин 129 | Гадолинит 123 | Карбонадо 99 |
| Аметист 137 | Галенит 123 | Касситерит 135 |
| Ампагабейт 100 | Гамартит 110 | Кварц 136 |
| Анатаз 101 | Гамлинит 125 | Кианит 138 |
| Андалузит 102 | Ганит 195 | Кинноварь 139 |
| Андрадит 129 | Гартит 125 | Клейофан 174 |
| Антимонит 104 | Гейкилит 133 | Клинохлор 187 |
| Антофиллит 105 | Гематит 125 | Клиноцоизит 140 |
| Апатит 105 | Гессит 126 | Кобальтин 140 |
| Арсенопирит 107 | Гиалит 155 | Кобальтовый блеск 140 |
| Аурипигмент 108 | Гиацинт 191 | Колумбит 141 |
| Ахроит 181 | Гиперстен 127 | Кордиерит 142 |
| | Гойяцит 125 | Корунд 143 |
| Баделейт 108 | Горсейскит 127 | Корундофиллит 187 |
| Бамлит 169 | Гранаты 128 | Ксенолит 169 |
| Барит 109 | Гроссуляр 129 | Ксенотим 144 |
| Бастнезит 110 | Гюбнерит 122 | Купрошеелит 194 |
| Бенитоит 110 | | Лазулит 145 |
| Берилл 111 | Деревянистое олово 136 | Лаурит 145 |
| Биотит 112 | Джалмаит 130 | Лейкоксен 146 |
| Бисмут 113 | Диаспор 130 | Лепидолит 146 |
| Бисмутит 113 | Диопсид 130 | Лимонит 147 |
| Бломстрандин 114 | Дистен 138 | Литневая слюда 146 |
| Бобровкит 131 | Дихроит 142 | Льюизит 148 |
| Борт 99 | Дравит 181 | |
| Браннерит 115 | Дэбзилит 130 | Магнетит 148 |
| Браунит 115 | Жедрит 105 | Магнитный железняк 148 |
| Бронзит 196 | Железо 131 | Магнитный колчедан 161 |
| Брукит 115 | | Малахон 191 |
| Ванадинит 117 | Золото 132 | Малахин 149 |

Манганидалузит 103	Приорит 114	Уваровит 129
Манганотанталит 142	Прохлорит 107	Уранинит 181
Марказит 149	Распит 163	Фаялит 181
Марматит 174	Реальгар 163	Фенакит 182
Мартит 126	Роговая обманка 163	Ферберит 122
Медный блеск 181	Ромеит 165	Фергусонит 182
Медный колчедан 185	Ростерит 112	Феррацит 183
Медь 150	Рубеллит 184	Фибролит 169
Миспикель 107	Рубин 144	Флоренсит 183
Митчеллит 189	Рutil 165	Флюорит 183
Молибденит 150	Сагенит 166	Халцедон 138
Молибденовый блеск 150	Самарскит 166	Халькозин 184
Монацит 151	Сапфир 144	Халькопирит 185
Мусковит 152	Свинец 166	Хнастолит 103
Мышьяковый колчедан 107	Свинцовый блеск 123	Хлопниит 186
Наэтит 191	Серебро 167	Хлориты 186
Невьяскит 157	Сидерит 168	Хризоберилл 187
Нигрин 166	Силлиманит 169	Хризолит 153
Октаэдрит 101	Смитсонит 170	Хромит 188
Оливин 153	Сперрилит 170	Хромитит 189
Олово 154	Спессартин 129	Хромшпинель 195
Оловянный камень 135	Сподумен 171	Цейлонит 195
Опал 155	Ставролит 172	Церуссит 189
Ортит 155	Стибнит 104	Цинкофай 187
Осмистый иридий 156	Сурьмяный блеск 104	Цинк 190
Палладий 157	Суэзит 132	Цинковая обманка 173
Палладий-антимонид 157	Сфалерит 173	Циприн 118
Пеннин 187	Сфея 174	Циркон 190
Перидот 153	Сысертский 167	Циртолит 191
Перовскит 157	Тантал 176	Цитрин 131
Петцит 158	Танталит 141	Цонзит 192
Пикотит 159	Тетрадимит 176	Шеелит 193
Пирит 159	Тисонит 181	Шерл 151
Пиролозит 160	Титанистый железняк 133	Шорломит 129
Пироп 129	Титанит 174	Шпилье 194
Пироклор 160	Титаномагнетит 149	Штольцит 195
Пирротин 161	Топаз 176	Эвклаз 195
Пистацит 197	Торианит 177	Эксенит 163
Плавиковый шпат 183	Торит 178	Энстатит 196
Платина 161	Торолит 178	Эпидот 197
Плеонаст 195	Тремолит 179	Эшвегенит 161
Полевые шпаты 162	Трипунит 179	Эшнинит 198
Поликраз 163	Трифан 171	Янтарь 198
Поляксен 161	Тулит 192	Яшма 138
	Турмалин 180	
	Тяжелый шпат 109	

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Общая схема минералогического анализа шлихов	5
Взвешивание	7
Рассеивание на ситах	7
Крупный класс	9
Средняя проба	9
Магнитная сепарация	12
Разделение минералов по удельному весу	15
Определение удельного веса минералов	26
Люминесценция минералов	36
Пленочные реакции	38
Простейшие химические реакции	40
Определение минералов по оптическим свойствам	62
Количественный шлиховой анализ	67
Форма кристаллов	71
Ассоциации минералов в россыпях и минералы-спутники	71
Таблицы для определения минералов	76
Описание минералов россыпей	96
Список необходимого оборудования шлиховой лаборатории	200
Литература	202
Алфавитный список минералов	205

Редактор *М. В. Семенова*
Техн. редактор *А. С. Борисов*
Корректор *А. Г. Покровский*
Обложка художника *Л. С. Лерман*

Сдано в набор 7/III-1951 г.
Подписано к печати 6/VI-1951 г.
Формат 60×92¹/₁₆. Бум. л. 6¹/₂ — печ. л. 13.
Уч.-изд. л. 14,2. Тираж 5000. Заказ 520
Т—03831 Цена 13 руб.

Картфабрика Госгеолиздата
(Ленинград. В. О., 19 линия, д. 20)

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
8	табл. 2	УММ	JMM
20	17 сверху	Петров	Перов
23	4 снизу	Трипугит	Трипугинт
25	6 сверху	стр. . . .	стр. 76—95.
28	21 сверху	Попов	Петров
44	6 сверху	1949	1939
68	20 сверху	1949	1948
98	4 снизу	шлифах	шлхххх
99	7 снизу	Бором	Боргом
205	1 снизу	Малахин	Малахит