

Чуева М.Н.
Шлиховой анализ 550.8
785

ОТ РЕДАКЦИИ

Широко развернувшиеся у нас в СССР геолого-поисковые работы в значительной мере построены на изучении шлихов из россыпей. Шлиховой метод открывает пути к наиболее быстрому способу нахождения коренных месторождений полезных ископаемых. Массовое изучение шлихов указало нам на целый ряд новых оловоносных точек: в Ольгинско-Тетюхинском и Чукотском районах, на Дальнем Востоке и в Чикой-Ингодинском и Газимурзавском районах в Забайкалье. Открытие этих оловоносных месторождений методом шлихового анализа подтверждает его правильность и целесообразность применения. Между тем в русской литературе до настоящего времени нет руководства, в которых излагался бы систематический ход шлихового анализа; существуют лишь разрозненные описания часто мало удовлетворительных приемов по определению минералов в шлихах. Отсюда вытекает значение работы М. Н. Чуевой как первого систематизированного руководства.

Эта работа является первым опытом автора и не лишена некоторых недостатков в изложении материалов, но она ценна как единственная пока-что в этой области и содержит материалы, основанные на личном опыте автора. Это дает основание думать, что работа найдет широкое применение как у геологов геолого-поисковой специальности, так и у геологов-разведчиков, интересующихся вопросами геологии и поисков ископаемых богатств.

области анализа.
изданий метод
трудно
редко
мало про
исследования и по
похожи на тита

ВВЕДЕНИЕ

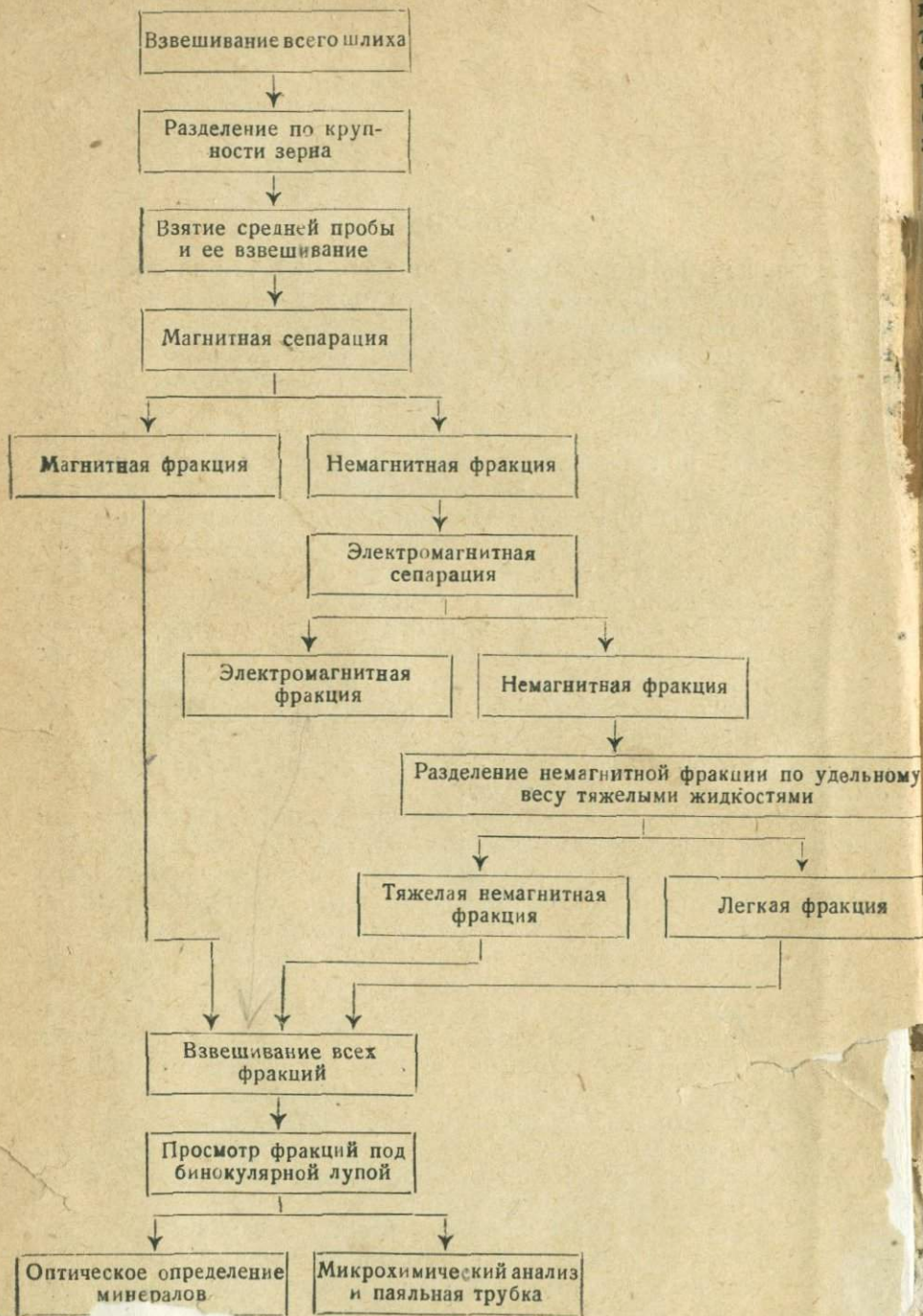
Настоящая работа рассчитана главным образом на лиц, начинающих впервые работать в области определения минералогического состава шлихов. Работа построена следующим образом: вначале описывается механическое разделение шлиха на фракции, затем его минералогический анализ; далее дается характеристика минералов с характерными их особенностями и, в заключение, приводятся микрохимические и простейшие химические реакции, применяемые при шлиховом анализе. Для более удобного и быстрого пользования этим пособием характеристика минералов приведена по фракциям в алфавитном порядке; микрохимические и простейшие химические реакции выделены в отдельные главы и описаны также в алфавитном порядке по элементам. Главное внимание обращено на моменты, играющие основную роль при анализе шлиха: во-первых, на определение под бинокулярной лупой различных физических свойств, характерных для отдельных минералов из аллювия; во-вторых, на определение минералов, встречающихся обычно в виде мелких зерен в небольших количествах, при помощи простейших качественных химических реакций и микрохимического анализа; в-третьих, на характерные особенности каждого минерала.

Перед нами стоит целый ряд неразрешенных задач в области разработки и усовершенствования метода шлихового анализа. При определении некоторых минералов существующий метод анализа шлихов является недостаточным. Особенно трудно определима в наших условиях группа тантало-ниобатов и редкоземельных минералов. Многие из тантало-ниобатов мало прозрачны, с трудом поддаются оптическому исследованию и по внешнему виду в неправильных зернах очень похожи на титановые минералы: ильменит и перовскит. В большинстве случаев при определении их приходится прибегать к сложному количественному химическому анализу. Перед нами стоит остро вопрос о необходимости разработки методики определения тантало-ниобатов и группы редкоземельных минералов, более упрощенной, нежели применение сложных анализов: химического, спектрального и рентгенометрического.

Анализ шлиха состоит из двух частей: 1) механического разделения шлиха на фракции и 2) его минералогического анализа.

Минералогический анализ шлиха трудно вести без предварительного его разделения на фракции, различия в минералогическому составу, потому что в состав шлиха

Схема анализа шлиха



минералов. В преобладающем количестве это обычно черные и темноокрашенные минералы, делающие незаметным присутствие светлоокрашенных минералов. Кроме того, многие минералы в мелких окатанных зернах и неправильных осколках бывают очень похожи по внешнему виду друг на друга, что весьма затрудняет анализ шлиха в его общей массе. Поэтому для быстрого и более точного минералогического анализа шлих предварительно делят на фракции, различные по минералогическому составу. Разделение шлихов на несколько фракций основано на различных физических свойствах минералов. В основу деления минералов взяты главным образом их размеры, магнитные свойства и удельный вес.

Для наглядности приводим схему предварительной обработки минералогического анализа шлиха (см. схему).

Глава I

МЕХАНИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ШЛИХА НА ФРАКЦИИ

Механическое разделение шлиха на фракции заключается в следующих операциях:

- а) Взвешивание всего шлиха.
- б) Разделение шлиха по крупности зерен стандартными ситами и взвешивание полученных различной крупности фракций.
- в) Взятие средней пробы от всего шлиха или от мелких фракций (крупность зерна < 1 мм) и взвешивание ее.
- г) Разделение простым магнитом.
- д) Разделение электромагнитом на несколько фракций в зависимости от магнитности минералов, входящих в пробу.
- е) Разделение шлиха тяжелыми жидкостями: бромформом, жидкостью Туле, иодметилом, боро-вольфрамовокислым кадмием, легкоплавкими солями ртути (при нагревании с центрофугой).

ж) Взвешивание отдельных фракций шлиха.

Прежде чем приступить к разделению шлиха на фракции, необходимо взять общий вес пробы. Взвешивание производится обычно на технических весах с точностью до 0,01 г. Далее, в зависимости от крупности зерен или характера предъявляемых требований, шлик просеивается через сита различного диаметра (от 2 — 0,25 мм).

Разделение шлиха ситами применяется в том случае, если материал неравномернозернистый. Для получения при разделении магнитом электромагнитом и тяжелыми жидкостями чистых фракций, т. е. не засоренных минералами других фракций, нужно иметь однородный материал по крупности зерна. Разделение ситами ведется еще в целях определения в шлихе процентных соотношений минералов для различной крупности зерна. В нашей практике применяются большей частью стандартные сита нашего производства с диаметром отверстий в 2, 1, 1,5, 0,5 и 0,25 мм. Для минералогического анализа без определений процентных соотношений минералов различной крупности зерна шлик просеивается только через два сита с диаметром отверстий в 1 и 0,5 мм. Получается три фракции: 1 мм и больше, от 0,5 до 1 мм и меньше 0,5 мм. Разделению магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями подвергается последняя фракция — меньше 0,5 мм. В первых двух фракциях оттягивается только

магнетит, а остальной их материал просматривается под биноклярной лупой без дальнейшего разделения. Большой частью шлихи бывают равномернозернистые средней крупности: 0,5 — 0,25 мм, разделять их по крупности зерен не приходится, поэтому в большинстве случаев после получения общего веса шлиха сразу берется средняя проба, которая делится магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями. В случае же, если шлик разделен на несколько фракций по крупности зерен меньше 1 и 0,5 мм, то каждая фракция делится: магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями как самостоятельная проба. В крупных фракциях > 1 и 2 мм оттягивается только магнетит и для просмотра пускается под бинокляром весь оставшийся материал.

Если общий вес шлиха или полученных после разделения ситами фракций большой, т. е. выше 8—10 г, тогда берется средняя проба.

Средняя шлиховая проба—это та проба, которая имеет минералогический состав и процентное соотношение минералов, аналогичные всей пробе шлиха. Она получается путем тщательного перемешивания и повторного квартования до веса, который требуется для минералогического анализа.

Вес средней пробы берется различный, в зависимости от минералогического состава шлиха. Если в шлихе высокий процент содержания минералов, которые оттянутся магнитом и электромагнитом (магнетит, пирротин, ильменит, гематит, группа амфибола и пироксена и др. темноокрашенные минералы), то средняя шлиховая проба берется весом не менее 10 г. А если преобладают минералы светлоокрашенные с удельным весом выше 2,9, то средняя проба берется весом до 5 г. Выделять среднюю пробу необходимо в силу того, что трудно вести механическое разделение шлиха и его минералогический анализ в больших количествах материала. Средняя проба берется обычным способом квартования на белом листе бумаги.

Делается это следующим образом. Шлик высыпается на большой гладкий лист белой бумаги, перемешивается в виде конуса и разравнивается по возможности ровным слоем, затем тонкой пластинкой из стекла, меди (или любого упруго-твердого материала) он делится крестообразно на четыре равных сегмента. Во избежание притягивания очень магнитных минералов, ни в коем случае нельзя употреблять пластинки из железа. Затем при помощи пластинки и кисточки соединяются по диагонали противоположные сегменты по два. Два из них идут в остаток пробы, а два другие в среднюю пробу. Если при одном таком делении не достигается нужного веса для средней пробы, то отделенная половина шлиха опять смешивается в виде конуса и делится как выше было указано. Описанные операции повторяются до тех пор, пока не получится такое количество материала, которое требуется для средней пробы. Средняя проба взвешивается, и вес ее записывается на капсуле, куда она помещается. Капсуль делается из бумаги наподобие аптекарских пакетиков для порошков (см. рис 1).

После выделения средней пробы с листа бумаги тщательно сметаются кисточкой зерна и пыль шлиха в среднюю пробу, во избежание потери материала из шлиха и загрязнения им другого.

Следующей операцией после взятия средней пробы и ее взвешивания является магнитная сепарация сильным подковообразным магнитом (см. рис. 2). На простой магнит тянутся следующие минералы: магнетит, титаномагнетит, пирротин и железо.

Материал рассыпается на большом листе гладкой бумаги как можно более тонким слоем; чем тоньше слой, тем меньше вероятности загрязнения магнитной фракции немагнитными минералами. Затем рукой (или иным приспособлением) над этим слоем водится сильный подковообразный магнит.

Для быстрого очищения магнита от магнитных минералов на его полюса предварительно надевается чехол из папиросной бумаги. Обычно одного разравнивания бывает недостаточно: приходится пробу несколько раз смешивать и разравнивать в тонкий слой. Эта операция повторяется до того момента, пока на магнит не перестанут притягиваться магнитные минералы. Если шлик богат магнетитом, то следует вначале при оттягивании магнит держать над слоем шлиха на некотором расстоянии, для того чтобы не захватить посторонних минералов. При последующих повторениях этой операции уже можно магнитом касаться близко шлиха.

Если электромагнит имеет удобные полюса для подачи материала, то его можно использовать как простой магнит без включения тока, благодаря остаточному магнетизму в его железном якоре.

При магнитной сепарации получаются две фракции: магнитная и немагнитная. В дальнейшем немагнитная фракция подвергается электромагнитной сепарации на электромагните (см. рис. 3). В зависимости от изменения в сети силы тока электромагнит изменяет магнитное напряжение. Сила тока регулируется реостатами. При различных магнитных напряжениях по минеральному составу получаются различные электромагнитные фракции. Многие минералы очень сходны по своим магнитным свойствам, поэтому при изменении силы тока на небольшую величину получаем фракции, очень похожие по минеральному составу. На практике установилось, что все мине-

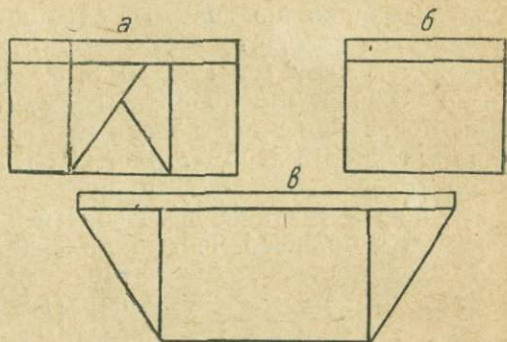


Рис. 1. Бумажная капсула

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



Рис. 2. Простой магнит

ралы за исключением тех, которые предварительно оттянуты простым магнитом, по их магнитным свойствам можно разделить грубо на четыре группы: сильно магнитные, средне магнитные, слабо магнитные и немагнитные (см. табл. 1).

В таблице приведены минералы, наиболее часто встречающиеся в шлихах. Степень магнитности минералов определять силой тока можно только в отношении данного электромагнита, вследствие того, что электромагниты могут быть рассчитаны на различную силу тока: на 10, 5, 0,5 ампер и т. д. Удобнее всего было бы выразить константы магнитности минералов в величинах, постоянных для любого электромагнита, в гауссах. Но пока еще эта работа лабораторией ЦНИГРИ не проделана, она только ставится на ближайшее время.

В нашей текущей производственной работе при наибольшей силе тока большей частью получаем только одну электромагнитную фракцию, в которую входят минералы: сильно магнитные, средне магнитные и слабо магнитные. Шлиховая лаборатория ЦНИГРИ пользуется электромагнитом, рассчитанным на 0,3 ампера, который питается постоянным током от осветительной сети через выпрямитель, работающий на кенотронах В0 — 116.

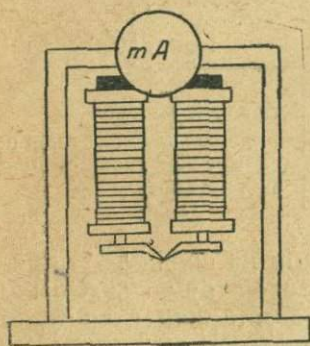


Рис. 3. Электромагнит. mA-миллиамперметр

Электромагнитная сепарация производится следующим путем: сначала включается выпрямитель, затем электромагнит. После того как электромагнит включен в электрическую сеть, под полюса электромагнита подносится материал на стеклянной пластинке в тонком разровненном слое. Материал водится под полюсами до тех пор, пока к ним не перестанут притягиваться минералы. Для того чтобы избежать засорения электромагнитной фракции немагнитными минералами, вначале не следует материал подносить близко к полюсам электромагнита, в противном случае сильно магнитные минералы, притягиваясь толстым слоем, увлекают за собой немагнитные минералы. Материал следует держать на расстоянии от 3 до 5 мм. Одну пробу шлиха приходится высыпать несколькими порциями, потому что невозможно оттянуть минералы в один прием из всей массы шлиха. После оттягивания каждой пробы полюсы электромагнита тщательно вычищаются кисточкой. Итак, после электромагнитной сепарации получают две фракции: электромагнитная и немагнитная.

После электромагнитной сепарации немагнитная фракция разделяется тяжелыми жидкостями: бромформом, жидкостью Туле, иодметилом и боро-вольфрамвокислым калием. При разделении тяжелыми жидкостями получаем две фракции: легкую и тяжелую немагнитную. В нашей практике при разделении тяжелыми жидкостями применяем бромформ. В легкую фракцию

Классификация минералов по магнитным свойствам, выявленным при
электромагнитной сепарации

Сильно магнитные	Средне магнитные	Слабо магнитные	Немагнитные
<p>Гематит Ильменит Танталит Ферберит Хромит</p>	<p>Амфиболы (темно-окрашенные) Биотит Вольфрамит Гранаты (густо-окрашенные) Пироксены (темноокрашенные) Пиролозит Псиломелан Турмалин (густо-окрашенный) Флогопит Хромшпинели Эпидотовая группа</p>	<p>Гранаты (светло-окрашенные) Монацит Ортит Сфен Пироксены (светлоокрашенные) Роговые обманки (светлоокрашенные) Турмалин Шпинели (светлоокрашенные)</p>	<p>Азурит Андалузит Анаказ Антимонит Апатит Арсенопирит Аурипигмент Базовисмутит Барит Брукит Вандинит Висмутовый блеск Галенит Гюбнерит Золото Кальцит Кераргерит Киавит Киноварь Корунд Милахит Медь Оловянный камень Пироксены (неокрашенные) Пирит Платина Реальгар Роговые обманки (неокрашенные) Рутил Свинец Серебро Сидерит Си-лиманит Смитсонит Слюды (неокрашенные) Сфалерит (светлоокрашенный) Топаз Флюорит Халькозин Халькопирит Церуссит Циркон Шеелит</p>

при разделении бромформом уходят все минералы, которые имеют удельный вес ниже бромформа—2,9: кварц, группы полевых шпатов, фельдшпатидов, цеолитов, некоторых неокрашенных слюд и др., а в тяжелую немагнитную фракцию уходят минералы с удельным весом выше, чем у бромформа.

Для нас из этих двух фракций наиболее интересной является тяжелая немагнитная фракция. В нее входят многие рудные минералы, среди которых особый интерес представляют минералы, содержащие редкие металлы: Sn, W, Sb, Bi, Ta, Nb и редкие земли.

Разделение бромформом ведется следующим путем (см. рис 4). В стеклянную воронку¹ диаметром сантиметров 8, на конец которой надета резиновая трубка с сечением 1 см, наливается

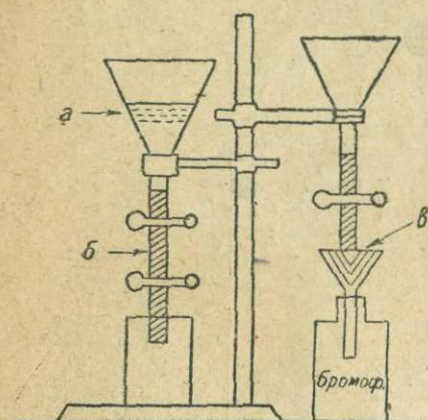


Рис. 4. Прибор для разделения бромформом

a — легкая фракция с удельным весом меньше 2,9; *б* — тяжелая фракция с удельным весом выше 2,9; *в* — воронка с фильтром для легкой фракции

бромформ. Перед тем, как налить бромформ в воронку, конец резиновой трубки зажимается зажимом Моора (или другим). Затем в воронку с бромформом высыпается проба (шлих) и тщательно перемешивается тонкой стеклянной палочкой; зерна шлиха, приставшие к палочке, смываются бромформом обратно в воронку. Все минералы, имеющие удельный вес выше, чем бромформ, идут в тяжелую фракцию и падают вниз резиновой трубки, а те минералы, которые имеют удельный вес ниже бромформа, всплывают в верхнюю часть воронки и дают легкую фракцию. Установив момент окончательного разделения минералов по удельному весу в данной жидкости, зажимаем резиновую трубку вторым зажимом выше положения столбика

тяжелой фракции. Затем открывается первый зажим, закрывающий самую нижнюю часть трубки, и тяжелая фракция с бромформом опускается в небольшой химический стаканчик или фарфоровую чашечку (а не на фильтр, чтобы как можно меньше расходовать бромформ на смачивание). Бромформ из стаканчика с тяжелой фракцией сливаем осторожно опять в воронку, так, чтобы зерна минералов тяжелой фракции не попали в легкую. Тяжелую фракцию в стаканчике промываем от бромформа раза два ректификатом и сушим на электрической печи (или на другом источнике тепла). Легкую фракцию спускаем на фильтр в воронку с погруженным концом в бутылку для бромформа. Затем легкая

¹ При разделении тяжелыми жидкостями некоторыми лабораториями употребляются особые делительные воронки с притертыми кранами.

фракция и воронка, служившая для разделения, также промываются ректификатом. Весь промывной ректификат с бромформом собирается в стакан и смешивается с водой. Вода с ректификатом и бромформом дает эмульсию в виде молока; ректификат смешивается с водой, а бромформ выделяется совершенно свободный и вследствие своего большого удельного веса падает на дно стакана. Таким образом большая часть бромформа, которая пошла на смачивание шлиха, воронки, стаканчика, возвращается обратно и может опять пойти в работу.

Так как легкая фракция обычно не представляет особого интереса при текущей производственной работе для просмотра на полезные ископаемые, то для шлихов одной группы, одинаковых по минеральному составу, ее не спускают отдельно для каждого шлиха. Это практикуется главным образом в целях экономии бромформа.

На этом обычно заканчивается в наших условиях механическое разделение шлиха на фракции. Все полученные фракции: магнитная, электромагнитная, тяжелая немагнитная и легкая взвешиваются на технических или аптекарских весах с точностью 0,01 г, веса записываются на соответствующих им капсулах.

В течение всего хода работы механического разделения шлиха от сотрудника, выполняющего эту работу, требуется большая аккуратность и внимательность. Все приборы и посуда должны быть после каждого шлиха тщательно вычищены кисточкой или полотенцем, для того чтобы избежать засорения одного шлиха другим.

Разделение минералов по удельному весу можно проводить еще целым рядом других способов: на столах Вильфлея, флотацией и различного рода водными классификаторами. Эти способы применяются обычно для целей обогащения, получения концентратов одного какого-либо минерала.

Вообще, чем лучше будет изучено и поставлено разделение минералов на мономинеральные фракции по различным свойствам: магнитным, электрическим, удельным весам и пр.,—тем легче будет производить минералогический анализ шлиха и меньше будет субъективности при определении минералов.

Глава II

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШЛИХА

После механического разделения шлиха на фракции приступают к их минералогическому анализу. Шлиховой материал меньше одного миллиметра трудно наблюдать невооруженным глазом, поэтому просмотр шлиха ведется под бинокулярной лупой с большим увеличением. Под бинокулярной лупой минералы определяются по их внешнему виду по следующим физическим свойствам: габитусу кристаллов, форме окатанных зерен, характеру осколков (получаемых при раздавливании зерен), цвету, блеску, спайности, излому и штриховке. Зетем определяется

у минерала цвет черты (на фарфоровом бисквите) и твердость (на пластинках скалы твердости). Но установление указанных свойств очень часто бывает недостаточно при определении минерала: для точного подтверждения выводов обычно требуется еще оптическая или химическая проверка. При оптической проверке в иммерсионных шлифах прозрачных минералов устанавливаем: характер окраски минерала, характер погасания, плеохроизм, показатели преломления, двупреломление, характер удлинения минерала и оптический знак. При исследовании сульфидов и темных непрозрачных минералов иногда приходится применять отраженный свет. Шлифы из шлихов для отраженного света делаются из вязких смол, бакелита, сургуча, пасты и прочих цементирующих веществ.

Химическая проверка минералов ведется на отдельные элементы двумя способами в зависимости от количества минерала: простыми качественными реакциями и микрохимическим анализом. Качественные реакции употребляются наиболее чувствительные, которые при небольшом количестве материала и небольшой затрате времени дают ясные результаты (см. главу „Простейшие химические реакции“). Микро-

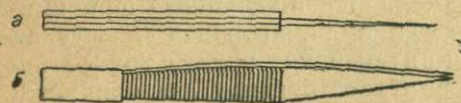


Рис. 5. Приспособления при просмотре под бинокляром.

а — игла; б — пинцет с тонкими концами

химия в шлиховом анализе играет большую роль, в особенности при определении минералов, содержащих редкие элементы: Та, Nb, Th, U, Ce, Di, La и др. (см. главу „Микрохимические реакции“).

Для быстрого и точного просмотра под биноклярной лупой шлик высыпается на стекло биноклярного столика небольшими порциями в виде узкой полоски, шириной около 1 см, и перебирается тонкой иглой или кисточкой. Игла должна быть твердой, упругой и плотно насажена на деревянный (или другой) стержень. При помощи такой иглы можно предварительно установить твердость зерен минерала путем надавливания. Для проверки зерна шлика извлекаются из-под бинокляра иглой или пинцетом с тонкими концами (см. рис 5). Зерна величиной больше 0,5 мм удобнее брать пинцетом, а мелкие — меньше 0,5 мм — удобнее извлекать острым концом иглы или кисточкой, предварительно смоченными водой. Цвет черты минерала в мелких зернах определяется на фарфоровом бисквите путем раздавливания зерна широким плоским концом пинцета. Твердость в мелких зернах определяется следующим образом: зерно помещается на пластинку скалы твердости, прижимается широким концом пинцета и проводится по пластинке. Если зерна небольшие, то не всегда можно уловить цвет черты простым глазом, в этом случае черту наблюдают под бинокляром.

Для оптической проверки минералов методом иммерзии достаточно одного небольшого зерна. Способ приготовления препарата для иммерзии таков: исследуемое зерно переносится пинцетом или иглой на предметное стекло в каплю воды и

давится стеклянной палочкой до размера зерен, приблизительно соответствующих толщине петрографического шлифа—0,02 мм. Раздавленный материал в капле воды размещивается иглой равным слоем и присушивается на пламени спиртовки. Затем присушенный материал покрывается покровным стеклом размером около 0,5 кв. см, и под покровное стекло при помощи пробки от бутылочки пускается жидкость требуемого показателя преломления для испытуемого минерала. Для того чтобы не загрязнять жидкости, предметное стекло около краев покровного стекла должно быть чистым.

При определении минералов с очень высокими показателями преломления прибегают к сплавам из пиперина с иодидами от 1.820 до 2.079 и селена с серой от 2.092 до 2.352. Препараты из сплавов пиперина с иодидами делаются следующим образом: берется небольшое количество требуемого сплава, смешивается с тонкоизмельченным порошком испытуемого вещества и подогревается на предметном стекле до полного размягчения сплава. Затем весь препарат накрывается покровным стеклом, сильно наваливается для получения тонкого слоя и охлаждается. Препарат нужно готовить как можно тщательнее, во избежание образования пузырьков воздуха, которые вследствие малой величины кажутся включениями. Сплавы пиперина с иодидами нельзя сильно перегревать, потому что может выделиться иод. Препараты из сплавов из селена с серой готовят немного иначе: сплав сначала расплавляется, а затем прибавляется испытуемое вещество; охлаждать смесь рекомендуется на влажной материи.

Ниже приводится описание физических свойств минералов, входящих в различные фракции шлиха. Особое внимание уделено тем свойствам, которые резко проявляются у отдельных минералов в шлихах из аллювия, и приемам их определения. Оптические данные для прозрачных минералов приведены по Ларсену из его работы „Таблицы светопреломления минералов“. Для минералов, имеющих варьирующие показатели преломления, приведены данные только для разностей, наиболее часто встречающихся.

Глава III

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В МАГНИТНУЮ ФРАКЦИЮ

Магнитная фракция получается в результате оттягивания простым магнитом сильно магнитных минералов из шлиха. По своему составу она очень проста, потому что на простой магнит притягивается немного минералов. В состав магнитной фракции входят следующие минералы: магнетит, пирротин, магнитная платина, титаномагнетит, самородное железо (часто магнитная фракция бывает засорена осколками или стружками железа от бура, лопаты или кайлы). Большей частью из минералов магнитной фракции в шлихах встречаются магнетит и титаномагнетит,

реже пирротин и очень редко магнитная платина. Определение минералов этой фракции не представляет особой трудности, в особенности магнетита, который часто сохраняет кристаллические очертания, что является достаточным для его определения. При наличии пирротина, платины и титаномагнетита их приходится проверять химическим путем (качественные реакции).

Магнетит (магнитный железняк) Fe_3O_4 . Кубической сингонии. Габитус кристаллов октаэдрический. Цвет черный или серебрино-серый. Блеск от металлического до стального. Цвет черты черный. Тв. = 5,5 — 6,5. Очень магнитен. Непрозрачен. В шлихах большей частью магнетит сохраняется в виде характерных серебрино-серых или черных октаэдров, реже в виде ромбододекаэдров (см. рис. 6). Иногда на гранях ромбододекаэдров наблюдается штриховка, параллельная длинной диагонали ромба. Магнетит встречается также в виде отшлифованных черных блестящих пластинок и зерен неправильной формы. Частично магнетит бывает изменен в лимонит, который его зернам придает буроватый цвет.

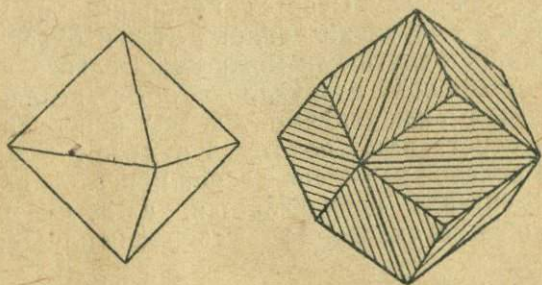


Рис. 6. Магнетит

В россыпях магнетит сохраняется довольно хорошо, может быть перенесен на большие расстояния. В шлихах магнетит встречается очень часто, иногда составляя почти 50% шлиха.

Определение. В шлихе магнетит устанавливается очень легко по своей высокой магнитности, по характерной форме кристаллов октаэдров, легкой растворимости в соляной кислоте. Этих признаков достаточно, чтобы отличить его от других минералов магнитной фракции. Его можно спутать только с титаномагнетитом. По магнитным свойствам магнетит легко отличается от титаномагнетита тем, что тянется на железную иглу в виде цепочки, а титаномагнетит, имея более низкую магнитность, к магниту пристаёт отдельными зернами.

Пирротин (магнитный колчедан) FeS . Гексагональной сингонии. Цвет бронзово-желтый, с постоянной томпаково-бурой побегалостью. Блеск металлический. Цвет черты серовато-черный. Тв. = 3,5 — 4,6. Непрозрачен. Очень магнитен. В шлихах он обычно правильных очертаний не сохраняет, чаще встречается в виде неправильных осколков. За редким исключением встречается в виде гексагональных пластинок. Для россыпей минерал необычный, редкий.

Определение. С другими минералами магнитной фракции пирротин спутать трудно. Он легко отличается от магнетита, магнитной платины и титаномагнетита бронзово-желтым цветом с темной побежалостью. Перед паяльной трубкой в восстановительном пламени он сплавляется в магнитный королек. В соляной кислоте разлагается с выделением серы и H_2S . Проверяется химически на серную печень (см. главу „Простейшие химические реакции“ на S).

Платина Pt. Кубической сингонии. Цвет стально-серый, склоняющийся к серебрино-белому. Блеск металлический. Цвет черты серебристый. Ковка. Тв. = 4—5. Иногда бывает магнитна. Магнитная платина шлиховой лабораторией ЦНИГРИ была установлена только в вилюйских шлихах. Обычно в шлихах встречается немагнитная платина, и поэтому ее приходится исследовать в тяжелой немагнитной фракции. В шлихах платина обычно имеет вид неправильных окатанных зерен, пластинок. Так как платина в природе имеет ограниченное распространение, то в шлихах она встречается очень редко. Спутниками платины в россыпях являются: золото, хромистый и магнитный железняк, часто иридий, осмистый иридий и палладий.

Определение. Среди минералов магнитной фракции платина легко определяется; она выделяется своим серебристым цветом и ковкостью. По внешнему виду платину иногда можно спутать с пластинками железа, попавшего в шлик как случайная примесь. Но они легко различаются по растворимости в кислотах: платина нерастворима в азотной и соляной кислотах, а железо, наоборот, легко растворимо в этих кислотах. Платина растворима в царской водке, ее раствор с NH_4Cl дает лимонно-желтый осадок двойной хлористой соли, платины, аммония. Если в шлихах встречается несколько зерен ее, то химическая проверка на Pt ведется еще с демитил-глюксимом (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Pt). В том случае, если в шлихе очень мало зерен платины—1—2, то проверка на Pt ведется микрохимическим анализом с хлористым рубидием (см. главу „Микрохимические реакции“ на Pt). Так как платина в природе встречается большей частью немагнитная, то и приходится наблюдать ее преимущественно в немагнитной фракции, где можно встретить несколько минералов, похожих на нее по цвету и блеску: осмистый иридий, самородное серебро и теллуристое серебро. От осмистого иридия она отличается меньшей твердостью, большей ковкостью и растворимостью в царской водке. Осмистый иридий ни в чем не растворяется и ни с чем не сплавляется (частично сплавляется только с Na_2O_2). В шлихах осмистый иридий встречается в характерных для него гексагональных пластинках с штрихами. От самородного и теллуристого серебра платина отличается более высокой твердостью и нерастворимостью в кислотах.

Титаномагнетит—разновидность магнетита с содержанием TiO_2 около 25%. Он повторяет все свойства магнетита. Кубической сингонии. Цвет от черного до стального. Блеск металлический. Тв. = 5,5—6,5. Цвет черты черный или бурый. Очень

магнитен. В шлихах, подобно магнетиту, сохраняется в кристаллах формы октаэдра. Встречается он реже, чем магнетит, но довольно часто.

Определение. Титаномагнетит по внешнему виду от магнетита не отличим. От последнего он отличается меньшей магнитностью, на магнит и железную иглу тянется не цепочкой, а единичными зернами. Химически он проверяется на присутствие титана (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ti). Для точного определения его следует проверять в отраженном свете.

Глава IV

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ ФРАКЦИЮ

Приводим минералы электромагнитной фракции, которая включает в себя все минералы электромагнитной сепарации: сильно магнитные, средне магнитные и слабо магнитные. В электромагнитную фракцию входят следующие минералы (перечисляются по степени понижения магнитности): гематит, ильменит, лимонит, танталит, колумбит, хромит, ферберит, вольфрамит, псиломелан, пиролюзит, самарскит, эвксенит, гранаты (густо окисленные), группа пироксена, амфибола, эпидота и слюд, турмалин, монацит, шпинель, частично сфен и касситерит. Из перечисленных минералов сильно магнитные: гематит, ильменит, танталит, колумбит, хромит. Бесцветные гранаты, пироксены, амфиболы, эпидоты, турмалины, шпинели и слюды электромагнитом не притягиваются; они попадают в немагнитную фракцию. Окисленные медные сульфиды, содержащие железо, тоже притягиваются электромагнитом, как напр.: пирит, халькопирит, халькозин, ковелин и т. д. Многие другие минералы, которые притягиваются электромагнитом, здесь не приводятся, потому что редко встречаются в шлихах и не являются характерными минералами для россыпей. Минералы электромагнитной фракции, встречающиеся в шлихах, можно грубо подразделить на три группы: часто встречающиеся, редко встречающиеся и очень редко встречающиеся (см. табл. 2).

Электромагнитная фракция часто бывает засорена окисленными (с окислами железа) минералами немагнитной фракции.

Для определения эта фракция более трудна, нежели магнитная, потому что в нее входит значительно больше минералов. При этом в магнитную фракцию входят только непрозрачные минералы и легко отличимые друг от друга. В электромагнитную же входят как прозрачные, так и непрозрачные минералы. Прозрачные исследуются, главным образом, под микроскопом методом иммерзии; при определении их очень редко приходится прибегать к химической проверке. Непрозрачные минералы наиболее трудно определяемы; при определении их приходится прибегать к химической проверке или к микроскопическому исследованию в отраженном свете. В особенности трудно определяемы черные

Классификация минералов электромагнитной фракции по степени встречаемости в шлихах

Часто встречающиеся	Редко встречающиеся	Очень редко встречающиеся
Ильменит Лимонит Гематит Гр. амфибола Гр. пироксена Гр. энстедта Гранаты Турмалины Моноцит Хромит Шпинель	Ферберит Вольфрамит Титалит Колумбит Псиломелан Пирролизит	Самарскит Эвксенит

непрозрачные минералы — группы танталониобатов и редкоземельных.

Группа амфиболов или роговых обманок представляет в химическом отношении двойные соли нормальных метасиликатов общей формулы $RSiO_3$, где R замещается преимущественно Са, Mg, Fe, реже Mn. Кроме того, в их состав иногда входят трехвалентные элементы (Fe и Al) в виде алюмо- и ферросиликатов различных формул. К группе амфиболов по химическому составу близко стоит группа пироксенов. Кристаллизуются амфиболы в триклинной, моноклинной и ромбической сингониях, но преимущественно они кристаллизуются в моноклинной сингонии. Группа амфиболов очень разнообразна по количеству входящих в нее минералов. На описании отдельных минералов останавливаться нет необходимости. Цвет амфиболов различный: бесцветный, зеленый, бурый и черный. Бесцветные разновидности амфиболов электромагнитом не притягиваются. Блеск стеклянный до матового. Черта светлая. Тв. = 5—6. Они характеризуются ясно выраженной спайностью по двум призмам, образующим острый угол около 56° , а тупой около 124° . У моноклинных роговых обманок плоскость симметрии проходит через тупой угол спайной призмы. Показатели преломления различные, напр. для Ng от 1.620 до 1.700. Двупреломление от 0,003 до 0,032. $2V$ от 42° до 90° . Оптический знак положительный и отрицательный. Темноокрашенные разновидности из группы амфиболов обладают резко выраженным плеохроизмом.

Амфиболы в шлихах часто встречаются в виде удлиненных пластинок с ясно выраженной спайностью по удлинению или же в виде неправильных окатанных зерен. В шлихах они наблюдаются довольно часто.

Определение. Группа амфиболов очень близка к группе пироксенов по химическому составу и обладает общими физическими свойствами: твердость, цвет, блеск и кристаллографические ограничения. Поэтому в шлихах амфиболы от пироксенов трудно различать. Притому обе группы в шлихах встречаются одинаково часто. Амфиболы, как выше указано, часто в шлихах

имеют шестоватые пластинки с выраженной спайностью по удлинению; при раздавливании этих пластинок пинцетом они раскалываются на тонкие иголки (пластинки). Пироксены же, наоборот, часто в шлихах встречаются в виде окатанных зерен неправильной формы без выраженного удлинения. Эта особенность частично является признаком, отличающим группу пироксенов от группы амфиболов. Различать эти группы можно только оптическим методом. Амфиболы главным образом определяются (проверяются) под микроскопом. Густо окрашенные амфиболы в отличие от пироксенов обладают резко выраженным плеохроизмом. Амфиболы в неправильных зернах по внешнему виду можно спутать также с группой эпидота; их различают тоже под микроскопом (см. группу эпидота).

✓ **Вольфрамит** $(Mn, Fe) WO_4$ дает непрерывный изоморфный ряд от $FeWO_4$ —ферберита до $MnWO_4$ —гюбнерита (см. главу „Характеристика минералов тяжелой немагнитной фракции“, гюбнерит). Вольфрамит и ферберит очень похожи друг на друга по их морфологическим и физическим свойствам; различать их можно только при помощи химического анализа. Кристаллизуются они в моноклинной сингонии. Вид симметрии призматический. Цвет буро-черный. Блеск полуметаллический, на плоскостях спайности зеркальный. Черта бурая. Тв. = 5—5.5. Совершенная спайность развита по (010), вследствие чего в россыпях вольфрамит сохраняется плохо. В шлихах встречается обычно только близ коренных месторождений в виде пластинчатых зерен с видимой совершенной спайностью (табл. I, фиг. 1). В вкрапленниках с кварцевой галькой он сохраняется на больших расстояниях. Вообще в шлихах вольфрамит и ферберит встречаются редко.

Определение. Вольфрамит в шлихах встречается в виде пластинок с совершенной спайностью, что легко отличает его от всех черных минералов. Проверяется он химическим путем на присутствие Mn и W. На марганец его проверяют по окрашиванию содового королька в зеленый цвет или с буро-фиолетовый, на вольфрам — путем сплавления с содой и кипячения сплава в солянокислом растворе с металлическим оловом (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Mn и W). Перед паяльной трубкой вольфрамит плавится. В неправильных осколках вольфрамит можно спутать с гематитом, но последний в тонких осколках просвечивает красным цветом и дает отрицательную реакцию на W и Mn.

✓ **Гематит** Fe_2O_3 часто бывает химически чист, но иногда имеет примеси $FeTiO_3$ и $MgTiO_3$; кристаллизуется в гексагональной сингонии. Цвет железно-черный до стально-серого. Блеск сильный металлический, придающий минералу стальной оттенок. Цвет черты характерный вишнево-красный, который его отличает от многих минералов. Тв. = 5.5 — 6.5. Непрозрачен, в тонких осколках просвечивает красным цветом. Тонкозернистые разновидности его имеют красный цвет. Показатель преломления $N_m = 3.01$.

В шлихах гематит встречается большей частью в виде неправильных осколков, пластинок с пересекающейся штриховкой или же в виде неправильных окатанных зерен. Иногда в шлихах он

сохраняет очертания в виде кристаллов с ясно развитыми гранями пинакоида (0001) и слабо развитыми гранями скаленоэдра (см. рис. 7), тогда кристаллы гематита имеют вид шестиугольных пластинок, скошенных по краям. Аналогичные формы пластинок дает ильменит. Иногда на гранях пинакоида у гематита сохраняется треугольная штриховатость. В шлихах гематит встречается часто, но гораздо реже, чем ильменит. Нередко в шлихах он наблюдается лимонитизированный.

Определение. Под бинокляром гематит устанавливается по сильному металлическому блеску, по просвечиванию красным цветом в краях свежераздробленных зерен, характерной форме скошенных шестиугольных пластинок с пересекающейся штриховкой и вишнево-красной черте. Если в шлихе его зерна неправильной формы и окатаны, то его можно спутать с ильменитом и вольфрамитом. С вольфрамитом гематит можно спутать по цвету черты. Различают их так, если зерно гематита раздавить, то оно не дает осколков с совершенной спайностью, как вольфрамит. Кроме того, химическая проверка на присутствие W показывает, что гематит последнего в своем составе не имеет. При проверке на вольфрам гематит сплавляют с содой. Гематит на ильменит похож не только в неправильных зернах, но и по форме кристаллов. Отличаются они по



Рис. 7. Гематит

цвету черты: ильменит обычно имеет черную, а гематит вишнево-красную черту. Кроме того, гематит в отличие от ильменита просвечивает в тонких осколках красным цветом и дает отрицательную реакцию на Ti, он легче сплавляется с содой, нежели ильменит, и растворим в HCl. В отличие от вольфрамита и ильменита при прокаливании перед паяльной трубкой гематит становится более магнитен. От черных марганцовых минералов гематит легко отличается отрицательной реакцией на присутствие марганца; от хромита — по форме кристаллов, цвету черты и отсутствию хрома.

Гранаты. В эту группу входит значительное количество минералов, тесно связанных друг с другом по химическим и физическим свойствам. Они представляют изоморфные смеси в разных пропорциях, химический состав которых выражается довольно простой формулой $R_2'' R_2''' Si_2 O_{12}$, где R_2'' замещают двухвалентные элементы Ca, Mg, Fe, Mn, а R_2''' замещают трехвалентные элементы Al, Fe, Cr. В зависимости от химического состава, гранаты бывают окрашены в различные цвета: розовый, красный, зеленый, бурый, желтый, черный, иногда бывают совершенно бесцветные. Все в кубической сингонии. Блеск стеклянный, жирный. Черта светлая, редко слабо окрашена. Тв. = 6,5—7,5. Прозрачны. Оптически изотропны, иногда дают аномалии. Показатели преломления варьируют в зависимости от химического состава: для алмандина = 1,778, гроссуляра = 1,735, спессартина = 1,800. Гранаты, богатые железом, хорошо тянутся на электромагнит вслед за ильменитом, гематитом и лимонитом; бесцветные гранаты электромагнитом не притягиваются.

Для россыпей гранат типичный минерал, поэтому в шлихах он встречается очень часто; большей частью встречается розовый гранат — альмандин. Обычно гранат в россыпях хорошо сохраняет кристаллическую форму. Характерная форма кристаллов — ромбододекаэдры, реже — сорокавосьмигранники и др. формы (см. рис. 8 и табл. I, фиг. 2). Ограничение гранатов так характерно, что спутать его с другими минералами кубической сингонии трудно.

Определение. Если гранат встречается в виде хорошо сохранившихся кристаллов, то для его определения достаточно установить физические свойства: форму, цвет, твердость и черту. Если же гранат встречается в неправильных зернах, то он легко определяется под микроскопом по показателю преломления и изотропии. По показателю преломления гранат можно спутать со шпинелью. В этом случае приходится прибегать к химической проверке; при сплавлении с фосфорной солью на платиновой

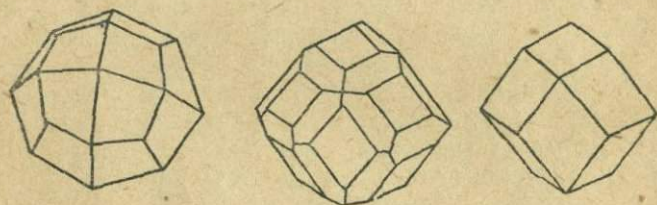


Рис. 8. Гранаты

проволочке в корольке гранат дает скелет, а шпинель не дает. Кристаллы шпинели в отличие от граната обычно имеют форму октаэдра; у граната таких кристаллов почти никогда не бывает.

Ильменит FeTiO_3 . Гексагональной сингонии. Цвет железно-черный. Блеск полуметаллический до сильно металлического. Черта черная, иногда бурая. Тв. = 5—6. Непрозрачен. В россыпях сохраняется хорошо, переносится на большие расстояния, поэтому в шлихах встречается очень часто и в больших количествах. В шлихах ильменит обычно наблюдается в неправильных округленных угловатых зернах с металловидным блеском (см. табл. I, фиг. 3), иногда сохраняет кристаллы в виде шестиугольных пластинок с скошенными краями, у которых наблюдаются хорошо развитые грани базопинакоида и менее развитые грани ромбоэдра. Габитус кристаллов ильменита очень похож на габитус кристаллов гематита (см. гематит).

Определение. Под биноклем ильменит устанавливается по характерному габитусу зерен — шестиугольных скошенных пластинок, черному цвету, металлическому блеску и черной черте. Проверяется обычно химически на присутствие Ti (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ti) путем сплавления с содой.

Для быстрого и более полного сплавления ильменита с содой к соде прибавляют NaNO_3 . В шлихе ильменит в неправильных

зерна можно спутать с целым рядом черных минералов: гематитом, вольфрамитом, танталитом (колумбитом) и перовскитом. От гематита ильменит отличается черным цветом черты, положительной реакцией на титан, непрозрачностью (гематит в тонких осколках просвечивает красным). От вольфрамита отличается также черным цветом черты, отсутствием совершенной спайности и отрицательной реакцией на вольфрам. От перовскита отличается черной чертой и способностью не просвечивать под микроскопом. От танталита ильменит отличить в мелких неправильных зернах возможно только химическим путем. Танталит дает ясную качественную реакцию на (Ta, Nb) и слабую на Ti, а ильменит ведет себя наоборот, при этом ильменит сплавляется с трудом с Na_2CO_3 и KOH , а танталит легко.

✓ **Лимонит** (бурый железняк) $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Не кристаллический. Цвет желтовато-бурый, темнобурый до черного. Блеск полуметаллический. Цвет черты желто-бурый. Тв. = 5—5,5. Непрозра-

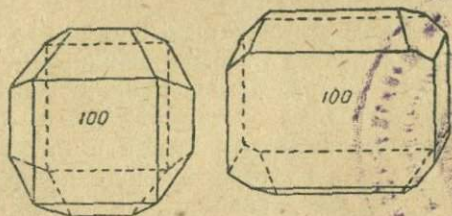


Рис. 9 Монацит

чен. В шлихах встречается в виде неправильных окатанных зерен; нередко наблюдаются псевдоморфозы лимонита по пириту, магнетиту и гематиту.

Определение. Устанавливается лимонит под бинокляром по цвету, твердости, цвету черты и легкой растворимости в HCl .

✓ **Монацит** (Ce, La, Nd, Pr) PO_4 часто имеет примеси ThSiO_4 . Моноклинной сингонии. Цвет медово-желтый, иногда красноватый и зеленоватый. Блеск матовый, жирный. Тв. = 5—5,5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.837$, $N_m = 1.788$, $N_p = 1.786$, $2V = +14^\circ$. Двупреломление высокое. Часто плеохроизм в желтых тонах. Очень хорошо тянется на электромагнит. Магнитность его ниже, чем у ильменита, гематита, граната, пироксенов и амфиболов, поэтому его легко выделить на электромагните в мономинеральную фракцию для количественных определений.

В шлихах монацит обычно встречается в виде хорошо окатанных бледножелтых зерен. Зерна часто имеют вид яйцеобразных пластинок, а иногда характерных табличек, развитых по пинакoidу (100) с скошенными краями за счет развития граней ромбической призмы (см. 9. и табл. I, фиг. 3). В шлихах встречается довольно часто; в россыпях переносится на большие расстояния.

Определение. Монацит легко устанавливается под биноклярной лупой по его характерной пластинчатой форме кристаллов,

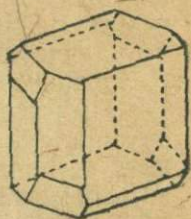
медово-желтому цвету, жирному блеску и твердости. Под микроскопом в иммерзионных шлифах он тоже легко определяется по показателю преломления $N_m = 1.788$, высокому двупреломлению и интерференционной фигуре в сечениях с низким двупреломлением перпендикулярной плоскости оптических осей.

Кроме того, монацит проверяют химически на присутствие PO_4 путем сплавления с содой и действием молибденово-кислым аммонием (см. главу „Простейшие химические реакции“ на PO_4). Затем проверяют еще на присутствие редких земель (см. главу „Микроскопические реакции“, анализ редких земель).

Монацит в осколках, неправильных зернах можно спутать по цвету, блеску и твердости с ксенотимом YPO_4 и сфеном. Ксенотим в осколках по внешнему виду очень похож на монацит, отличить их невозможно, но под микроскопом это сделать легко. В отличие от монацита ксенотим одноосный и имеет ниже показатели преломления: $N_g = 1.816$, $N_m = 1.721$. Кристаллизуется ксенотим в тетрагональной сингонии, кристаллы в виде тетрагональной дипирамиды. В шлифах он иногда сохраняет очертания. Химическая проверка ксенотима аналогична монациту — на PO_4 и редкие земли. От сфена монацит отличается более жирным блеском, но это не всегда удается уловить. Их легко можно различить как оптической, так и химической проверкой. Сфен имеет более высокие показатели преломления и двупреломления и не дает в иммерзионных препаратах сечений с низким двупреломлением; при химической проверке сфен дает отрицательную реакцию на PO_4 и редкие земли, положительную реакцию на Ti. Сфен от монацита также легко отличить по кристаллическим очертаниям (если они сохраняются в шлихе), он имеет характерные призматические кристаллы моноклинной сингонии в виде конвертика. Монацит обычно встречается в электромагнитной фракции, очень редко остается в немагнитной, а сфен, наоборот, редко бывает в электромагнитной фракции. Если монацит бывает окрашен в буроватый цвет, то его можно спутать с касситеритом, но от последнего он отличается более низкой твердостью и оптическими константами (см. касситерит). В окатанных зернах с зеленоватым оттенком можно спутать монацит с эпидотом, но от него он также отличается более низкой твердостью и оптическими константами (см. эпидот).

Ортит из эпидотовой группы $R_2 R_3'' OH (SiO_4)_3$, где $R_3'' = Ca, Fe$; $R_2'' = Al, Fe, Ce, La, Nd, Pr$, иногда имеет примеси тория, итрия и ербия. Моноклинной сингонии. Цвет черновато-бурый до смоляно-черного. Блеск металлический, жирный; в свежем изломе стеклянный. Цвет черты серый. Тв. = 5.5—6. Полупрозрачен. Показатели преломления варьируют; напр. для $N_m = 1.68—1.74$. Ортит в природе легко претерпевает изменения и превращения, поэтому он редко в шлифах наблюдается в свежем виде, а всегда с буроватым оттенком от окислов железа. В шлихе встречается обычно в виде характерных удлиненных кристаллов по вертикальной оси (см. рис. 10). Для россыпей минерал довольно редкий.

Определение. Ортит устанавливается под бинокулярной лупой по его характерной удлиненной кристаллической форме, которую он обычно в шлихе сохраняет. Проверяется он под микроскопом в иммерсионных препаратах и химически на присутствие редких земель (см. главу „Микрохимические реакции“ на редкие земли). Перед паяльной трубкой ортит плавится, всучиваясь в бурое или черное стекло. Иногда в HCl вполне разлагается; другие кислоты на него не действуют. В неправильных зернах ортит можно спутать с темноокрашенными амфиболами и редкоземельными минералами. Различают их оптическим и химическим путем.



Р. с. 10. Ортит

▼ **Пиролоюзит** MnO_2 связан рядом постепенных переходов с группой псиломелана-вада. Некристаллический. Встречается обычно в сплошных массах. Цвет черный до стально-серого с синеватым оттенком. Блеск полуметаллический, тусклый или матовый. Черта черная. Хрупкий. Тв. = 1—3, для плотных разновидностей 5,5. Непрозрачен. В шлихах встречается редко.

Определение. Устанавливается пиролоюзит под лупой по матовому блеску, черному цвету с синеватым оттенком и хрупкости. Проверяется химически на марганец с PbO_2 (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Mn). От черных минералов — ильменита, гематита и танталита — отличается хрупкостью и цветом.

▼ **Пироксеновая группа** близка по химическому составу к группе амфиболов. Двойные соли метасиликатов формулы RSiO_3 , где R замещается преимущественно Ca, Mg, Fe и Mn. В ее состав иногда входят трехвалентные элементы Fe и Al. Пироксены так же, как амфиболы, кристаллизуются в трех сингониях: триклинной, моноклинной и ромбической. Главным образом они кристаллизуются в моноклинной и ромбической сингониях. В группу пироксенов входит много минералов; отдельно на каждом минерале останавливаться нет необходимости. Дадим общую характеристику.

Пироксены бывают окрашены в различные цвета в зависимости от химического состава: в грязно-зеленый, желтый, чисто-зеленый, бурый, черный и бесцветный. Блеск стеклянный. Черта светлая. Тв. = 5—6. Прозрачные. В зависимости от химического состава показатели преломления варьируют; напр. для $N_g = 1,64—1,81$, $2V = 40—76^\circ$. Двупреломление — от 0,009 до 0,052. Плеохроизм в зеленоватых и желтоватых тонах, слабее чем у группы амфиболов. В отличие от амфиболов пироксены имеют совершенную спайность по двум призмам угол между гранями близок к прямому: острый угол $87—88^\circ$, тупой $92—93^\circ$. В россылях пироксены сохраняются хорошо. Большею частью в шлихах встречаются моноклинные пироксены зеленоватого цвета в виде вытянутых кристаллов по призме с углом, близким к прямому. Нередко пироксены встречаются в окатанных зернах.

Определение. Группа пироксенов по внешнему виду не отличима от группы амфиболов и эпидота. Определяется она в основном под микроскопом.

✓ **Псиломелан.** Химический его состав непостоянный, кроме MnO_2 , Mn_2O_3 , H_2O , он содержит Al_2O_3 , Fe_2O_3 , BaO , K_2O и др. окислы. Встречается обычно в сплошных массах. Цвет серовато-черный с синеватым оттенком до железно-черного. Блеск матовый, металлический. Черта буровато-черная до черной. Тв. = 5—6. Непрозрачен. Растворим в HCl . В шлихах встречается редко.

Определение. Псиломелан определяется химическим путем на Mn . Химическая проверка ведется аналогично пиролюзиту.

✓ **Самарскит** $R_3''R_2'''(Nb, Ta)_6O_{21}$; где $R_3'' = Fe, Ca, UO_2$; $R_2''' = Se, Y$. Кристаллизуется в псевдоромбической сингонии. Габитус кристаллов пластинчатый. Цвет бархатно-черный и буровато-черный. Блеск полуметаллический, смоляной и стеклянный. Цвет черты красновато-бурый. Тв. = 5—6. Слабо прозрачен. Изотропен. Показатель преломления равен 2,21—2,25. Радиоактивен. На электромагнит тянется хорошо. Минерал редкий, в шлихах встречается очень редко. Чаще в шлихах встречается не ограниченный, в неправильных зернах.

Определение. Под бинокулярной лупой самарскит устанавливается по бархатно-черному цвету и стеклянному полуметаллическому блеску. Проверяется оптически и химически. Качественные микрохимические реакции самарскит дает на Ta, Nb, U и др. (см. главу „Микрохимические реакции“ на Ta, Nb, U). Для точного определения необходимо вести полный количественный анализ, потому что есть целый ряд редкоземельных минералов, похожих на самарскит по внешнему виду, напр. эвксенит, эшенит и т. д. Только химический анализ дает возможность различать эту группу редкоземельных минералов. Кроме того, самарскит в осколках похож на касситерит по блеску, цвету и цвету черты. Но касситерит анизотропен, а самарскит—изотропен. Касситерит дает реакцию на оловянное зеркало с HCl , а самарскит нет.

✓ **Группа слюды** по химическому составу относится к сложным алюмосиликатам. В электромагнитную фракцию входят окрашенные слюды, как напр., биотит. Неокрашенные, бесцветные слюды электромагнитом не притягиваются, они остаются в немагнитной фракции. Все слюды кристаллизуются в моноклинной сингонии. Габитус кристаллов пластинчатый, псевдогексагональный. Цвет бурый, черный и зеленовато-бурый. Блеск стеклянный, перламутровый. Черты не дает. Тв. = 2—3. Спайность весьма совершенная по базопинакoidу (001). Их острая биссектриса всегда почти перпендикулярна к плоскости спайности. Все слюды оптически отрицательны. Угол оптических осей колеблется в широких пределах. Светлые слюды ясно двуосны. Темные почти одноосны. Многие слюды, как темные, так и светлые, имеют невысокий удельный вес, всплывают в бромформе.

Определение. Под бинокулярном слюды устанавливаются по пластинчатому гексагональному габитусу, упругим листочкам, перламутровому блеску, по направлению спайности и совершенной спайности. Проверяются они микроскопическим путем. По морфологическим и физическим свойствам к слюдам близка

группа хлорита. Различают их под микроскопом. В шлихах слюды обыкновенно встречаются в виде шестиугольных пластинок.

Танталит и колумбит—изоморфные минералы. Один содержит больше тантала, а другой ниобия: колумбит (ниобат)— $(\text{Fe}, \text{Mn}) [(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_3]_2$, а танталит $(\text{Fe}, \text{Mn}) [(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3]_2$. Между ними встречаются промежуточные соединения. Чистых разновидностей колумбита и танталита почти не встречается, они имеют примеси SnO_2 , WO_3 и ZrO_2 . Оба минерала очень похожи друг на друга. Как по физическим, так и по морфологическим свойствам различить их по внешнему виду невозможно. Кристаллизуются они в ромбической сингонии. Вид симметрии ромбодипирамидальный. Габитус кристаллов табличесобразный, пластинчатый, у них развиты следующие грани пинакоида: (100), (010), (110), призмы (110) и дипирамиды (111) (см. рис. 11). Цвет железно-черный, серовато- или буровато-серый. Блеск металловидный и смоляной. Цвет черты красновато-бурый до черного. Тв. = 6. Просвечивает в тонких осколках. Показатели преломления высокие $N_g = 2,34$. $N_m = 2,25$. $N_p = 2,19$.

В шлихах иногда встречается в виде окатанных удлиненных шестиугольных пластинок, а обычно в виде неправильных окатанных зерен пластинок.

Определение. При определении колумбита и танталита в шлиховом материале делают качественную микрохимическую реакцию на присутствие Ta и Nb (см. главу „Микрохимические реакции“ на Ta и Nb). Если в материале окажется большое содержание Ta и Nb, то дальнейшее точное определение ведется при помощи полного химического анализа. В шлихах колумбит и танталит легко спутать по цвету и блеску с ильменитом. Колумбит и танталит в отличие от ильменита дают удлиненные шестиугольные пластинки, а ильменит—изометрические шестиугольные пластинки. Танталит и колумбит просвечивают в тонких осколках, их можно наблюдать под микроскопом в проходящем свете, а ильменит не просвечивает. Ильменит с трудом сплавляется с содой и КОН, а танталит и колумбит легко. Точно установить различие между этими минералами можно только при помощи химического анализа. Танталит и колумбит кислотами не разлагаются.

Турмалины в химическом отношении—изоморфные смеси в разных пропорциях многих очень сложных алюмо-, феро- и боросиликатов с переменным составом. В состав турмалинов входят: SiO_2 , TiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CrO_3 , FeO , MgO , CaO , MnO , Na_2O , K_2O , Li_2O , H_2O , F. Гексагональной сингонии. Вид симметрии дитригонально пирамидальный. Габитус кристаллов столбчатый, шестоватый и игольчатый. Цвет разнообразен в зависимости от химического состава, обычно распространены железисто-магнезиальные разновидности грязно-зеленого, бурого и черного цветов. Реже встречаются светлоокрашенные разновидности, богатые

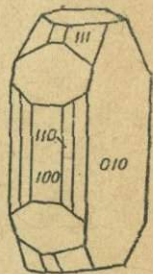


Рис. 11. Колумбит-танталит

щелочами: светло-зеленые, розовые и бесцветные. Блеск стеклянный. Черта светлая. Тв. = 7—7,5. Прозрачен. Показатели преломления изменяются в зависимости от химического вещества: для обычной железисто-магнезиальной разновидности $N_m = 1.687$, $N_p = 1.641$. Оптически отрицателен. Двупреломление среднее. Призматические зерна имеют прямое погасание. Резко выражен плеохроизм, который изменяется в зависимости от окраски; в буро-зеленых разновидностях наиболее интенсивен: от бурого до желтого, от темнозеленого до лилово-розового, от синего до лилово-розового. Максимум абсорбции $N_m > N_p$ в призматических зернах. Турмалин — устойчивый минерал, разрушается мало, вследствие чего он нередко встречается в россыпях. В шлихах он часто сохраняет характерное для него кристаллическое очертание в виде вытянутых кристаллов с ясно выраженной тригональной призмой (см. рис. 12). На гранях этой призмы часто бывает развита характерная вертикальная штриховка. Иногда призматические зерна в шлихах бывают закончены гранями ромбоэдра, но часто закан-

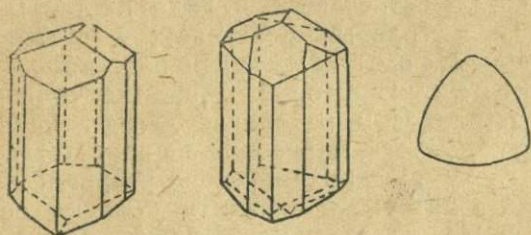


Рис. 12. Турмалин

чиваются неправильным изломом или гранью в виде сферического треугольника. Благодаря этим особенностям турмалин легко отличается от других прозрачных призматических минералов.

Определение. Турмалин, как выше указано, легко устанавливается по внешнему виду — по тригональной форме кристаллов с характерной штриховкой по граням призмы. Проверяется в основном под микроскопом. Химическая проверка ведется в исключительных случаях на бор (см. реакцию на бор у Беренс и Клей). Кислотами турмалин не разлагается. Если он встречается в шлихе в неправильных зернах, то его можно спутать с пироксеном, амфиболом и эпидотом, но от всех он отличается под микроскопом характерным плеохроизмом и одноосной фигурой.

Хромит $FeO.Cr_2O_3$. Кубической сингонии. Габитус кристаллов октаэдрический или комбинация октаэдра и додекаэдра. Цвет железно-черный, смоляной. Блеск металлический, полуметаллический. Черта бурая до черной. Тв. = 5,5. Непрозрачен; просвечивает в краях. В шлихах встречается в виде округленных октаэдрических зерен или округленно-угловатых и неправильных обломков. Часто сохраняет кристаллические очертания в форме

октаэдров, на гранях которых иногда наблюдаются пустоты. В россыпях хромит сохраняется хорошо, может быть унесен на большие расстояния от коренных месторождений. В россыпях, образовавшихся из ультраосновных пород, встречается часто и в больших количествах.

Определение. Под бинокляром хромит устанавливается по характерной форме кристаллов — октаэдров, металлическому блеску, смоляно-черному цвету. С другими минералами его спутать трудно, кроме магнетита и темноокрашенных шпинелей. От магнетита хромит отличается тем, что он не тянется на простой магнит. От шпинелей — более низкой твердостью и непрозрачностью. Шпинели легко наблюдать под микроскопом в проходящем свете, а хромит приходится наблюдать в отраженном свете. Хромит проверяется химически на присутствие хрома (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Cr).

Шпинель $MgO \cdot Al_2O_3$. Химический состав непостоянен. Fe^{2+} или Mn замещают часто Mg ; Fe^{3+} или Cr замещает часто Al . Кристаллизуется в кубической сингонии в октаэдрах. Окрашена бывает в различные цвета в зависимости от химического состава: красный, желтый, бурый, зеленый, розовый, черный и бесцветный. Блеск от стеклянного до матового. Черта светлая. Тв. = 8. Прозрачна. Изотропна. Показатель преломления от 1,723 до 2,36, изменяется в зависимости от состава. В россыпях сохраняется очень хорошо, обычно в виде окатанных октаэдрических зерен (см. рис. 13); неправильные зерна, осколки редко дает.

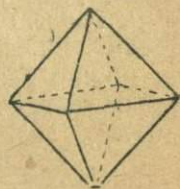


Рис. 13. Шпинель

Определение. Шпинель легко устанавливается по характерной октаэдрической форме кристаллов и высокой твердости; спутать с другими минералами трудно. Проверяется она обычно под микроскопом; изотропность и показатель преломления определяют ее вполне. Если она встречается в осколках неправильной формы, то проверка только под микроскопом недостаточна, потому что ее показатель преломления близок к гранату. В этом случае их различают по характеру сплавления с фосфорной солью: гранат дает скелет (кремнекислоты), а шпинель нет. От хромшпинелей шпинель можно отличить только при помощи химанализа.

Эпидотовая группа. Эпидот $H_2Ca_4Al_4Fe_2Si_2O_{26}$ моноклинной сингонии, дает вытянутые кристаллы и нередко приобретает игольчатый габитус. Цвет зеленый разных оттенков, особенно характерен для него фисташково-зеленый; реже встречаются разноцветности желтого, бурого и красного цвета. Блеск стеклянный Тв. = 6—7. Прозрачен. Оптически отрицателен. Двойное лучепреломление сильное. Плеохроизм заметный, от зелено-желтого до бесцветного. У эпидотов преломление колеблется в следующих пределах: например, для $N_m = 1,753 — 1,763$. Эпидот — минерал устойчивый, в россыпях встречается не редко. В шлихах обычно встречается в виде неправильных угловатых зерен или округленно угловатых бледно-желтовато-зеленого цвета.

Определение. Эпидот определяется главным образом под микроскопом. В зернах шлихового материала он похож на группу пироксена; различают их по оптическим константам.

Глава V

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В НЕМАГНИТНУЮ ТЯЖЕЛУЮ ФРАКЦИЮ

Немагнитная тяжелая фракция получается в результате магнитной и электромагнитной сепарации и разделения бромформом шлиховой пробы. В нее входят немагнитные минералы с удельным весом выше 2,9: азурит, анатаз, андалузит, антимонит, апатит, арсенопирит, базовисмутит, барит, брукит, ванадинит, висмутовый блеск, вульфенит, галенит, гюбнерит, золото, кальцит, касситерит, кианит, киноварь, корунд, малахит, медь, молибденит, пирит, рутил, свинец, серебро, сидерит, силлиманит, сфалерит, сфен, топаз, флюорит, халькозин, халкопирит, церуссит, циркон, шеелит. Встречаемость этих минералов в шлихах неравномерна. Их можно разделить грубо на три группы: часто встречающиеся, средне встречающиеся и редко встречающиеся минералы (см. табл. 3).

Таблица 3

Классификация минералов тяжелой немагнитной фракции по степени встречаемости в шлихах

Часто встречающиеся	Средне встречающиеся	Редко встречающиеся
Циркон Апатит Кальцит Барит Пирит Рутил Сфен Шеелит Золото Силлиманит	Анатаз Андалузит Арсенопирит Кианит Киноварь Молибденит Флюорит Топаз Базовисмутит Корунд	Платина Свинец Серебро Медь Азурит Малахит Брукит Ванадинит Вульфенит Галенит Антимонит Висмутовый блеск Гюбнерит
Слабоокрашенные: Амфиболы Пироксены Гранаты Шпинели	Слабоокрашенные: Турмалины	

В отношении полезных ископаемых эта фракция является самой разнообразной и интересной по минералогическому составу. Минералы этой фракции в преобладающем количестве прозрачные, более доступны к определению, нежели минералы

электромагнитной фракции, куда входят все темные, непрозрачные минералы, при определении которых приходится часто прибегать к полному химическому анализу. Минералы немагнитной фракции, за исключением группы сульфидов, определяются в основном методом иммерзии под микроскопом, изредка прибегают к химическому анализу. Группа сульфидов определяется в отраженном свете или химическим анализом.

Азурит $\text{Cu}(\text{CuOH})_2(\text{CO}_3)_2$. Моноклинной сингонии. Цвет лазурно-синий до темносинего. Блеск стеклянный. Черта голубая. Тв. = 3,5—4. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.838$, $N_m = 1.758$, $N_p = 1.730$; $2V = +68^\circ$. В шлихах встречается в виде окатанных неправильных зерен и вследствие его большой растворимости он сохраняется редко.

Определение. Под бинокляром азурит устанавливается по характерному лазурно-синему цвету, стеклянному блеску и низкой твердости. Проверяется химическим и оптическим путем. В HCl растворяется легко с шипением; солянокислый раствор азурита окрашивает пламя в зеленый цвет, характерный для меди. Проверка на присутствие меди еще ведется капельной реакцией (см. главу „Простейшие химические реакции“, капельную реакцию на медь). Азурит перед паяльной трубкой легко плавится, дает ковкий кортек медь.

Анализ TiO_2 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов дипирамидальный. Обычно окрашен в характерный для него синий цвет, иногда доходящий до черного. Изредка бывает окрашен в светлые —

красный, бурый, желтый цвета; редко безцветен. Блеск металлический, алмазный. Тв. = 5,5—6. Прозрачен. Показатели преломления высокие: $N_m = 2.554$, $N_p = 2.493$. Оптически отрицателен. Высокое двупреломление. В шлихах встречается в редких зернах. Почти всегда в россыпях сохраняет ограничение в виде тетрагональной остроугольной дипирамиды с характерной горизонтальной штриховкой по пирамиде, или же встречается в дипирамидальных пластинках со стертими вершинами (см. рис. 14).

Определение. Анализ легко устанавливается по внешнему виду — характерной дипирамидальной форме кристаллов с горизонтальной штриховкой по граням пирамиды, металлическому блеску и характерному для него синему цвету. Спутать его под бинокляром с другими минералами трудно, за исключением тех случаев, когда он встречается в осколках неправильной формы, что бывает очень редко. Проверяется он химически и оптически. Химическая проверка на присутствие титана ведется путем сплавления с Na_2CO_3 (см. главу „Простейшие химические

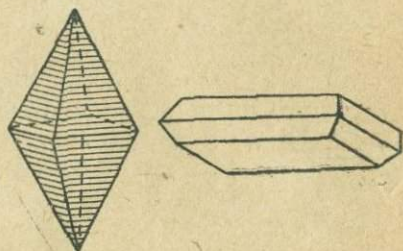


Рис. 14. Анализ

реакции" на Ti). В кислотах анатаз нерастворим. Под микроскопом он устанавливается по высоким показателям преломления, высокому двупреломлению и одноосной отрицательной фигуре.

Андалузит Al_2SiO_5 . Ромбическая сингония. Цвет обычно розовый, мясо-красный, желтый, зеленоватый и бесцветный. Блеск стеклянный. Тв. = 7,5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.643$, $N_m = 1.638$, $N_p = 1.632$; $2V = -85^\circ$. Двупреломление слабое, в серовато-белых тонах. Плеохроизм по N_p имеет розовый оттенок, по N_g — зеленоватый. Удлинение отрицательное. В шлихах андалузит огранений не сохраняет, обычно встречается в неправильных зернах с раковистым изломом; нередко зерна имеют едва заметные простым глазом темные вкрапления углистого вещества, иногда на зернах андалузита сохраняются едва заметные листочки слюды. В россыпях андалузит — минерал устойчивый, поэтому в шлихах он наблюдается не редко.

Определение. Андалузит определяется под микроскопом. Его показатели преломления близки к апатиту и бариту. От обоих отличается более высокой твердостью. От апатита отличается двуосной фигурой и отрицательной реакцией на PO_4 ; а от барита — отрицательным знаком, большим $2V$ и отрицательной реакцией на SO_4 . По твердости андалузит близок к топазу; в неправильных зернах их различать трудно, но у топаза показатели преломления ниже, чем у андалузита, что легко устанавливается. Химическая проверка у андалузита ведется на присутствие Al; при прокаливании на древесном угле его порошка $Co(NO_3)_2$ принимает синюю окраску.

Антимонит (сурьмяный блеск) Sb_2S_3 . Ромбической сингонии. Цвет свинцово-серый. Блеск сильный, металлический. Черта темная — черная. Тв. = 2. Непрозрачен. Спайность совершенная по удлинению кристаллов (010). Хрупкий. Для россыпей — малоустойчивый минерал; вследствие большой хрупкости и совершенной спайности быстро разрушается. В шлихах встречается только близ коренных месторождений в виде неправильных вытянутых листоватых пластинок. Для шлихового материала антимонит является случайным минералом, встречающимся очень редко.

Определение. Под биноклем антимонит устанавливается по свинцово-серому цвету и металлическому блеску шестоватых зерен. Проверяется химическим путем; он легко растворим в крепкой КОН, и по растворении выпадает оранжевый осадок пиросурьмяного калия. Он еще проверяется на присутствие сурьмы микрохимической реакцией с хлористым цезием (см. главу „Микрохимические реакции“ на Sb). Перед паяльной трубкой антимонит плавится легко, дает густой дым и белый налет от окиси сурьмы. Антимонит очень похож по цвету, блеску и шестоватому строению на висмутовый блеск, но от последнего отличается способностью растворяться в КОН с образованием оранжевого осадка. В неправильных мелких осколках антимонит трудно отличить от галенита, в этом случае их различают химическими реакциями на Sb и Pb (см. главу „Микрохимические

Апатит $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$. Гексагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический. Цвет: бесцветный, молочный, белый, зеленый, желтый. Блеск стеклянный до жирного. Тв. = 4,5—5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_m = 1.634$, $N_p = 1.631$, оптически отрицателен. Двупреломление низкое — дает интерференционные цвета первого порядка, серые, близкие к изотропии. Встречается в шлихах в виде окатанных призматических или яйцеобразных зерен с матовым блеском, большей частью молочно-белого цвета. Иногда сохраняет очертания гексагональной призмы (см. рис. 15). В шлихах апатит наблюдается довольно часто.

Определение. Под бинокляром в случае неправильных зерен апатит устанавливается по молочно-белому цвету, матовому блеску и невысокой твердости или же по очертанию гексагональной призмы, если оно сохранено, и по невысокой твердости. Проверяется оптически и химически. Под микроскопом апатит легко устанавливается по низким показателям преломления и одноосной отрицательной фигуре. Химическая проверка ведется на присутствие PO_4 (см. главу „Простейшие химические реакции“ на PO_4). В неправильных окатанных зернах апатит можно спутать по цвету и твердости с шеелитом, баритом и кальцитом. От шеелита он отличается низкими показателями преломления и отрицательной реакцией на W (см. шеелит); от барита — одноосной отрицательной фигурой, более низким двупреломлением и положительной реакцией на PO_4 (см. барит); от кальцита — низким двупреломлением и характером растворения в кислотах — апатит растворяется спокойно без выделения газа.

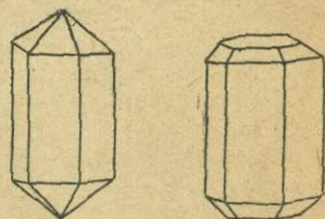


Рис. 15. Апатит

Арсенопирит FeAsS . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов пластинчатый или столбчатый. Цвет от серебристо-белого до железно-черного. Блеск металлический. Черта серовато-черная. Тв. = 5,5—6. Непрозрачен. В шлихах большей частью сохраняет характерные пластинчатые кристаллы, напоминающие форму ромба (см. рис. 16 и табл. I, фиг. 4) с горизонтальной штриховкой по граням одной из ромбических призм, или же удлиненные кристаллы (см. рис. 16). Арсенопирит сохраняется в россыпях лучше, чем галенит, антимонит и многие другие хрупкие сульфиды, поэтому он в шлихах наблюдается довольно часто.

Определение. Характерная форма кристаллов арсенопирита (см. рис. 16) с горизонтальной штриховкой по граням ромбической призмы отличает его от всех сульфидов. Он проверяется. На мышьяк проверка идет следующим путем: помещают минерал арсенопирита в закрытую трубку и прокачивают перед паяльной трубкой, получается возгон зеркала мышьяка. Налет зеркала мышьяка растворяют в HNO_3 (запаянный кончик трубки отламывают) и действуют молибденовокислым аммонием, выпав-

дает желтый осадок мышьяковолибденового аммония. При нагревании на угле перед паяльной трубкой арсенопирит дает белые пары с чесночным запахом, которые осаждаются далеко от пробы в виде белого налета As_2O_3 , имеющего кристаллическое строение.

✓ **Базовисмутит** (висмутит) $BiO(BiOH)_2CO_3$. Аморфный, землистый. Форма агрегатов шестоватая. Цвет белый, грязно-зеленый, желтый и серый. Блеск матовый. Черта светлая. Тв. = 4—4,5. В шлихах встречается в виде шестоватых окатанных зерен.

Определение. Под бинокляром базовисмутит устанавливается по характерному грязно-зеленому цвету, шестоватому строению и невысокой твердости. Определяется химической проверкой на присутствие Bi (см. главу „Микрохимические реакции“ на Bi). В HCl растворяется с шипением. Иногда в неправильных осколках базовисмутит трудно отличить от скородита, но по химическим свойствам (по растворимости в кислотах) их легко различают.

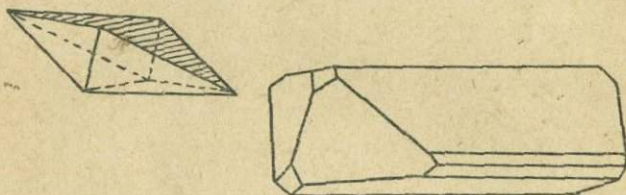


Рис. 16. Арсенопирит

✓ **Барит** $BaSO_4$. Ромбической сингонии. Цвет: бесцветный, белый, голубой, красный и т. д. Блеск стеклянный до перламутрового. Тв. = 2,5—3,5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.648$, $N_m = 1.637$, $N_p = 1.636$; $2V = +37\frac{1}{2}^\circ$. Двупреломление низкое, дает серую до белого тона интерференционную окраску. Совершенная спайность по (010). В шлихах редко встречается ограненный, чаще в виде прямоугольных толстых пластинок с совершенной спайностью, немного окатанных, молочно-белого цвета с матовым блеском. Барит — минерал жильный, распространен по сравнению с апатитом меньше; в шлихах встречается реже апатита.

Определение. Под бинокляром барит устанавливается по пластинчатой форме зерен, молочно-белому цвету и матовому блеску. Проверяется оптически и химически. Химическая проверка ведется на присутствие SO_4 (серная печень) и барий (см. Беренс и Клей „Микрохимический анализ“). Показатели преломления барита близки к апатиту и андалузиту. От обоих он отличается тем, что в иммерзионных препаратах дает прямоугольные пластинки с более высоким двупреломлением, нежели у апатита и андалузита. В окатанных зернах барит по внешнему виду можно спутать с апатитом, но апатит легко отличается под микроскопом одноосной отрицательной фигурой и химически отрицательной реакцией на SO_4 . В пластинчатых зер-

нах барит можно спутать с кальцитом, но от кальцита он отличается нерастворимостью в кислотах и оптическими константами.

Вруки́т TiO_2 . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов призматический, таблитчатый по (100). Цвет золотисто-бурый до красного или железно-черного. Блеск смолистый, полуметаллический. Тв. = 5,5—6. Прозрачен. Высокие показатели преломления: $N_g = 2.741$, $N_m = 2.586$, $N_p = 2.583$; $2V = +30^\circ_{Na}$. Оптически положителен. Резкая дисперсия оптических осей.

Вруки́т—минерал довольно редкий, поэтому в шлихах он наблюдается редко. Кристаллическое огранение сохраняет редко, обычно в шлихах он встречается в виде плоских пластинок с тонкой штриховкой, расположенной параллельно главной оси — удлинения кристалла. Пластинки брукита часто бывают окрашены в яркокрасный, золотистый и желтый цвета, с участками, окрашенными в черный или бурый цвета.

Определение. По внешнему виду брукит определяется по характерной яркокрасной или золотистой окраске с темно-окрашенными участками и тонкой штриховкой. Химическая проверка ведется на присутствие Ti путем сплавления с содой (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ti). Под микроскопом брукит устанавливается по высоким показателям преломления, высокому двупреломлению и двусной положительной фигуре. Брукит в осколках можно спутать с касситеритом, сфеном и рутилом. Химическая проверка легко отличает его от касситерита реакцией на оловянное зеркало (см. касситерит). От сфена он отличается более высокими показателями преломления; от рутила — двусной фигурой.

Ванади́нит $Pb_4(PbCl)(VO_4)_3$. Гексагональной сингонии. Цвет: рубиново-красный, бурый, желтый. Блеск жирный. Тв. = 2,7—3. Прозрачен. Показатели преломления высокие: $N_m = 2.354$, $N_p = 2.999$. Оптически отрицателен, в шлихах встречается в виде неправильных зерен; минерал редкий.

Определение. Определяется ванадинит оптически и химическим путем; он растворим в HNO_3 и HCl . Солянокислый раствор ванадинита имеет красно-бурый цвет (см. главу „Простейшие химические реакции“ на V). Обычно на ванадий проверяют микрохимической реакцией (см. главу „Микрохимические реакции“ на V). В шлихах на ванадинит бывает очень похож вульфенит; различают их химическим путем по растворимости в соляной и серной кислотах и по оптическим свойствам. Оба минерала в шлихах встречаются редко.

Вульфенит $PbMoO_4$. Тетрагональной сингонии. Цвет главным образом желтый разных оттенков, бывают бесцветные и красного цвета разности. Блеск алмазовидный, склоняющийся к жирному. Тв. = 3. Прозрачен. Показатели преломления: $N_m = 2.402_{D_1}$, $N_p = 2.304_{D_1}$. Оптически отрицателен. Вульфенит— довольно редкий минерал, встречается в месторождениях свинцовых руд. В шлихах он встречается в неправильных зернах или толсто-таблитчатых боченовидных дипирамидальных кристаллах, у которых ясно развит базопинакоид (см. рис. 17).

Определение. По внешнему виду вульфенит определяется по характерной дипирамидальной форме кристаллов и жирному блеску. Проверяется оптически и химически. В соляной кислоте, растворяясь, дает осадок $PbCl_2$ белого цвета. В крепкой серной кислоте растворяется, окрашивая жидкость в синий цвет от присутствия молибдена. В мелких окатанных зернах или осколках вульфенит можно спутать с ванадинитом (см. ванадинит). Они отличаются по характеру растворимости в кислотах — соляной и серной и по оптическим константам.

✓ **Висмутовый блеск (висмутит) Bi_2S_3 .** Ромбической сингонии. Габитус кристаллов игольчатый. Цвет свинцово-серый до оловянно-белого. Блеск металлический. Черта черновато-серая. Тв. = 2. Режется ножом. Непрозрачен. Совершенная спайность по (010) параллельно вертикальной оси. По удлинению наблюдается грубая штриховка. В шлихах встречается в шестоватых агрегатах. Минерал в природе редкий и в россыпях неустойчивый.

Определение. Под биноклем висмутовый блеск устанавливается по шестоватому строению, свинцово-серому цвету и металлическому блеску. Проверяется, главным образом, химическим путем на присутствие висмута и серы. На висмут проверяют путем сплавления на угле с смесью серы и KJ, получают красный налет (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Bi); на серу — получают серную печень. При нагревании смеси минерала висмута с 3-мя объемами соды на угле полу-

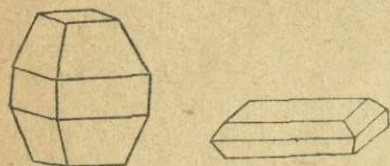


Рис. 17. Вульфенит

чается хрупкий королек металлического висмута; корольки свинца и серебра, наоборот, очень ковкие. Висмутовый блеск быстро растворяется в HNO_3 ; при разбавлении раствора водой выпадает белый осадок. Проверка на висмут ведется еще и микрохимической реакцией с хлористым цезием (см. главу „Микрохимические реакции“ на Bi). В шестоватых агрегатах висмутовый блеск очень похож на антимонит. Различают их по химическим свойствам растворимости в KOH и HNO_3 и реакцией на угле.

✓ **Галенит (свинцовый блеск) PbS .** Кубической сингонии. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Черта серовато-черная. Тв. = 2—3. Спайность совершенная по кубу (100). Непрозрачен. В россыпях минерал неустойчивый; в шлихах встречается близко от коренных месторождений, обычно в виде прямоугольных пластинок или в виде сплошных кусочков с характерной прямоугольной ступенчатой поверхностью образующейся вследствие совершенной спайности по кубу. Иногда в шлихах галенит встречается в белой рубашке кальцита и церуссита; при раздавливании таких зерен внутри наблюдаются пластинки галенита с сильным металлическим блеском.

Определение. Галенит определяется под биноклем по характерной для него форме — прямоугольной пластинки с сту-

пенчатой поверхностью, свинцово-серому цвету и металлическому блеску. Проверка ведется химическая на свинец и серу (см. главы: „Микрохимические реакции“ и „Простейшие химические реакции“ на Pb). При проверке галенита на свинец микрохимической реакцией с KJ его растворяют в царской волке или в HNO_3 и раствор выпаривают досуха; к остатку прибавляют каплю воды и кристаллик KJ; реакция ведется на предметном стекле. При сплавлении галенита с содой на угле выдувается ковкий королек свинца, который можно проверить реакцией на свинец. Из сульфидов галенит можно спутать с антимонитом в мелких осколках, на которых трудно уловить наличие спайности. Различают их по химическим свойствам (см. антимонит).

Гюбнерит MnWO_4 . Моноклинной сингонии. Габитус кристаллов аналогичен вольфрамиту. Цвет красновато-бурый до буровато-черного. Блеск жирный. Тв. = 5—5,5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 2,32$, $N_m = 2,22$, $N_p = 2,17$; $2V = +73^\circ$. В шлихах встречается в виде пластинок с ясно выраженной спайностью, как у вольфрамита. Минерал редкий.

Определение. Под биноклем гюбнерит устанавливается по характерным пластинкам с совершенной спайностью и красновато-бурому цвету (бывают и бесцветные разновидности). Проверяется оптическим и химическим путем. Химическая проверка на W и Mn (см. главу „Простейшие химические реакции“ на W и Mn). Гюбнерит от вольфрамита отличается более светлой окраской и большей прозрачностью; точно различить их можно только химическим анализом.

Золото Au. Кубической сингонии. Цвет золотисто-желтый. Блеск металлический. Черта золотисто-желтая. Тв. = 2,5—3. Ковко. Непрозрачно. В шлихах встречается обычно в виде неправильных окатанных пластинок разнообразной формы (табл. II, фиг. 2). Типичный минерал для россыпей.

Определение. Золото определяется по характерному золотисто-желтому цвету и большой ковкости. Достаточно на зерно золота надавить иглой, как на нем остается след — углубление. Проверка химическая на золото — получение кассиева пурпура (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Au). Золото нерастворимо в крепких кислотах, частично растворимо в царской водке. Электрум имеет слабый желтый цвет с серебристым оттенком. Химическая проверка — на Au и Ag. Иногда в шлихах встречаются стружки меди, похожие по цвету на золото. Отличать их не представляет особого труда; медь легко растворима в HNO_3 и окрашивает раствор в зеленый цвет.

Кальцит CaCO_3 . Гексагональной сингонии. Цвет: молочно-белый, бесцветный, розовый, зеленый и др. оттенки. Блеск стеклянный до перламутрового. Тв. = 3. Прозрачен. Показатели преломления: $N_m = 1,658$, $N_p = 1,486$. Оптически отрицателен. Высокое двупреломление — 0,172. Совершенная спайность по основному ромбоэдру (1011). В шлихах встречается в виде зерен неправильной формы или пластинок с совершенной спай-

ностью. Пластинки кальцита более остроугольны, чем у барита.

Определение. Под бинокляром кальцит устанавливается по характерным для него остроугольным пластинкам с совершенной спайностью и перламутровому блеску на плоскости спайности. Способность кальцита растворяться в кислотах с шипением отличает его от многих минералов. Он легко устанавливается под микроскопом по высокому двупреломлению — перламутровым цветам интерференции, поэтому для его определения достаточно оптической проверки. От других карбонатов кальцит отличается более низкими показателями преломления. В окатанных зернах кальцит можно спутать с баритом и апатитом; в отличие от них кальцит растворяется в кислотах с шипением и отличается показателями преломления и высоким двупреломлением.

Касситерит (оловянный камень) SnO_2 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов короткостолбчатый призматический — дипирамидальный, иногда дает коленчатые двойники. Часто на призматических гранях касситерита наблюдается грубая вертикальная штриховка. Большею ачастью ксситерит бывает окра-

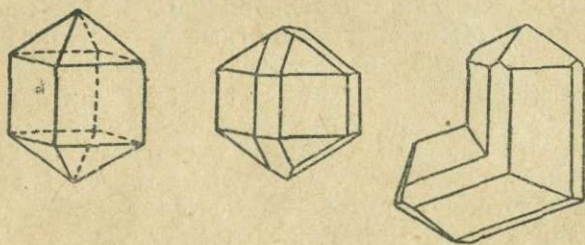


Рис. 18. Касситерит

шен в темные цвета, главным образом в различные оттенки бурого цвета до смоляно-черного, реже бывает гиацинтово-красный, винно-желтый, серый и бесцветный. Блеск алмазный, металловидный или жирный $\text{Тв.} = 6-7$. Черта светло-бурая. Прозрачен. Высокие показатели преломления: $N_g = 2.093$, $N_m = 1.997$. Касситерит с повышенным содержанием Та и Nb имеет показатели преломления выше, чем у обычных разновидностей. Высокое двупреломление — 0,096. Темные разновидности касситерита плеохроируют в коричневых тонах.

В шлихах встречается в виде призматических зерен, у которых развита короткая квадратная призма, а вершина заканчивается квадратной пирамидой; иногда наблюдаются коленчатые двойники (см. рис. 18). Нередко встречается в окатанных зернах с алмазным блеском неправильной формы (см. табл. II, фиг. 3). В призматических зернах часто наблюдается заметная штриховка параллельно главной сети, иногда штриховка наблюдается параллельно граням пирамиды. Зерна касситерита часто имеют неравномерную, пятнистую окраску. В россыпях минерал устойчивый, поэтому в шлихах встречается довольно часто.

Определение. Касситерит под бинокляром устанавливается по призматической форме кристаллов (если они сохранились) — квадратной призме и пирамиде, штриховке параллельно главной оси, сильному алмазному до жирного блеску и светлорубой черте. Проверяется касситерит оптически и химически. Очень характерная химическая реакция, отличающая касситерит от всех минералов — это реакция с цинковой пылью на оловянное зеркало. Делается эта реакция так: зерна касситерита погружаются на предметном стекле в каплю крепкой соляной кислоты, затем прибавляется цинковая пыль — происходит восстановление SnO_2 до металлического Sn и зерна покрываются налетом оловянного зеркала, после реакции зерно протирается фильтровальной бумагой для получения блестящей поверхности. Эта реакция не всегда удается с одного раза, иногда зерно касситерита приходится погружать в новую среду HCl и цинковой пыли раза два и более. Касситерит в неправильных окатанных зернах и осколках можно спутать по цвету и блеску с многими минералами — цирконом, монацитом, сфеном, рутилом, иногда с буроватым гиперстеном. Под микроскопом касситерит от циркона отличить очень трудно, их оптические свойства очень сходны. От рутила касситерит отличается меньшими показателями преломления, двупреломлением и отрицательной реакцией на Ti. Монацит и сфен обладают более низкой твердостью, чем касситерит. От всех сходных минералов касситерит легко отличается реакцией на оловянное зеркало. В кислотах не растворяется. При сплавлении с Na_2CO_3 и толченым углем он дает королек Sn.

✓ **Кианит** (дистен) Al_2SiO_5 . Триклинной сингонии. Характерный цвет для кианита — синий разных оттенков, особенно небесно-голубой, встречаются и совершенно бесцветные разновидности, а также сероватые, зеленоватые и желтоватые. Блеск стеклянный, на плоскостях совершенной спайности (100) — перламутровый. Твердость кианита в различных направлениях резко неодинакова. Параллельно вертикальной оси по (100) = 4,5, а в поперечном направлении равна 6—7. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.723$, $N_m = 1.720$, $N_p = 1.712$; $2V = -82^\circ$. Оптически отрицателен. Удлинение положительное и отрицательное. Совершенная спайность по (100) и менее совершенная по (110).

В россыпях встречается в виде округленных бледно-голубоватых призматических зерен с прямоугольной трещиноватостью. В шлихах контактово-метаморфических пород встречается часто.

Определение. Под бинокляром кианит узнается по характерным для него окатанным или прямоугольным пластинкам голубого или синего цвета с перламутровым блеском. Пластинки обычно богаты трещиноватостью и у них ясно видна совершенная спайность по удлинению (100). Проверяется кианит обычно оптически. При прокаливании порошка кианита, смоченного $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, получается посинение от присутствия Al. По цвету кианит можно спутать с корундом, но от последнего он отличается более низкой твердостью.

✓ **Киноварь** HgS . Гексагональной сингонии. Цвет кошенильно красный до буроватого. Блеск алмазный. Черта красная. Тв. = 2—2,5. Прозрачна. Показатели преломления: $N_g = 3.146_{Li}$; $N_m = 2.819_{Li}$. Оптически положительна. В шлихах встречается в неправильных окатанных зернах; зерна иногда имеют округленную форму. В россыпях сохраняется хорошо, переносится на большие расстояния.

Определение. Под бинокляром киноварь узнается по характерному яркокрасному цвету, алмазному до жирного блеску, красной черте, которая отличает ее от всех минералов. Проверяется химически на присутствие ртути и серы. Реакция на ртуть делается так: в порошок киновари погружается раскаленный шарик соды (на платиновой проволоке), происходит сгорание серы и восстановление ртути в виде мелких капелек, которые хорошо наблюдаются под бинокляром. В мелких осколках киноварь можно спутать по цвету с красными рутилом и реальгаром. От рутила она отличается красным цветом черты и низкой твердостью, а от реальгара — также цветом черты и положительной реакцией на ртуть.

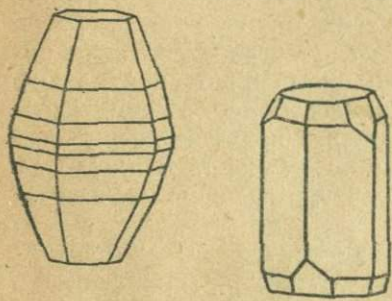


Рис. 19. Корунд

Корунд Al_2O_3 . Гексагональной сингонии. Форма кристаллов боченковидная, призматическая. Бывает окрашен в разные цвета: серый, синий, розовый, красный, желтый, зеленый, бурый и черный. Блеск стеклянный, алмазный и перламутровый на (0001). Тв. = 9. Прозрачен. Показатели преломления: $N_m = 1.768$, $N_p = 1.760$. Двупреломление низкое равно 0,008. Ярко окрашенные разновидности плеохроируют в синих и зеленых тонах.

В россыпях встречается в виде характерных боченковидных или неправильных отшлифованных зерен, иногда в виде базальных пластинок со штриховкой (см. рис. 19).

Определение. Корунд устанавливается по боченковидной форме кристаллов, если она сохранена, или по базальным пластинкам и высокой твердости. Проверяется обычно оптически. В осколках неправильных зерен корунд можно спутать по блеску и высокой твердости с касситеритом и топазом. От касситерита отличается более низкими показателями преломления и двупреломлением, а от топаза, наоборот, более высокими показателями преломления. Химическая проверка на Al (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Al).

✓ **Малахит** $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$. Моноклинной сингонии. Цвет ярко-зеленый. Блеск стеклянный, шелковистый или матовый. Черта светл. зеленая. Тв. = 3,5—4. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.909$, $N_m = 1.875$, $N_p = 1.655$; $2V = -43^\circ$. Благодаря большой растворимости малахит в россыпях сохраняется плохо, по-

этому в шлихах он наблюдается редко. Ограненный обычно не сохраняет, встречается в неправильных зернах.

Определение. Под бинокляром малахит определяется по характерному яркозеленому цвету, жилковато-натечному строению зерен и невысокой твердости. Легкая растворимость с шидением в кислотах также помогает его выделить среди многих минералов. Солянокислый раствор малахита испытывают на присутствие меди по окрашиванию пламени (спиртовки или свечи) или капельной реакцией на Cu (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Cu). Помимо химической проверки ведется и оптическая проверка. С другими минералами малахит спутать трудно.

Медь Cu . Кубической сингонии. Цвет медно-красный с черной побежалостью. Блеск металлический. Черта медно-красная, блестящая. Ковка. Непрозрачна. В шлихах встречается в неправильных окатанных пластинках. Минерал редкий.

Определение. Медь легко определяется по цвету, пластинчатой форме зерен, ковкости, блестящей медно-красной черте и легкой растворимости в HNO_3 . Спутать с другими минералами самородную медь трудно. Проверяется она химически на Cu капельной реакцией (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Cu).

Молибденит (молибденовый блеск) MoS_2 . Гексагональной сингонии. Габитус кристаллов пластинчатый—шестиугольные пластинки. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический, жирный. Черта на бисквите зеленовато-черная. Очень мягок и жирен наощупь, режется ножом. В тонких пластинках гибок. Тв. = 1. Весьма совершенная спайность по (0001). Непрозрачен. В шлихах встречается в виде шестиугольных пластинок или листочков неправильной формы. Для россыпей минерал редкий.

Определение. Молибденит легко устанавливается по свинцово-серому цвету, жирноватому блеску, низкой твердости и шестиугольной форме пластинок. Проверяется обычно химическим путем на присутствие молибдена и серы. На молибден проверяется простой химической реакцией (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Mo), если материала много; а если материала 1—2 зерна, то проверяется микрохимической реакцией (см. главу „Микрохимические реакции“ на Mo). Молибденит в мелких чешуйках похож на графит по цвету и твердости, но от последнего отличается более высоким удельным весом, тонет в бромформе; графит наоборот, всплывает. Молибденит еще можно спутать с теллуристыми соединениями по низкой твердости; различают их химической проверкой.

Пирит (серный или железный колчедан) FeS_2 . Кубической сингонии. Габитус кристаллов кубический—правильный куб, пентагондодекаэдр, очень редко дает октаэдры. Цвет светло-желтый с побежалостью латунно-желтого цвета. Блеск металлический. Черта зеленовато-черная. Тв. = 6. Кристаллы пирита на гранях куба и пентагондодекаэдра часто имеют характерную штриховку, направление которой на соприкасающихся плоскостях взаимно перпендикулярно. Благодаря высокой твердости,

пирит часто сохраняет в россыпях ясно выраженные кристаллические очертания — куба и пентагондодекаэдра (редко наблюдаются октаэдры) (см. рис. 20 и табл. II, фиг. 4). Иногда встречается в осколках с раковистым изломом или в окатанных зернах. Часто он бывает покрыт бурой корочкой лимонита. В шлихах

он встречается довольно часто, как более устойчивый из всех сульфидов.

Определение. Если пирит встречается в кристаллах, то он легко устанавливается по кубической форме и штриховке на гранях куба или пентагондодекаэдра, по высокой твердости и зеленовато-черной

черте. В мелких осколках по цвету и черте его можно спутать с халькопиритом; различают их химическим путем — по растворимости в крепкой HNO_3 и реакции на медь. Пирит в крепкой HNO_3 разлагается с трудом, халькопирит растворяется хорошо. Перед паяльной трубкой пирит плавится в магнитный королек.

✓ **Рутил TiO_2 .** Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический и игольчатый — более развитые призмы, а на концах кристаллов развиваются пирамиды. Часто имеет коленчатые двойники (см. рис. 21). Грани призмы обычно имеют грубую вертикальную штриховку. Цвет большей частью имеет красновато-бурый до черного, реже желтый. Блеск алмазный до металловидного. Черта светлорыжевая, как у касситерита.

Тв. = 6. Прозрачен. Показатели преломления выше, чем у касситерита: $N_g = 2.903$, $N_m = 2.616$.

Оптически положителен. Двупреломление рутила выше, чем у сфена = 0.287; благодаря высокому двупреломлению в скрещенных николях рутил сохраняет ту же окраску, что имеет в проходящем свете.

В россыпях довольно устойчивый, сохраняется хорошо. В шлихах наблюдается большей частью в виде вытянутых шестоватых зерен, коленчатых двойников или в неправильных окатанных зернах (см. табл. III, фиг. 1).

Определение. Под бинокляром рутил устанавливается по металловидному блеску, характерной призматической шестоватой форме зерен с вертикальной штриховкой, коленчатым двойникам. Под микроскопом он определяется по высоким показателям преломления и высокому двупреломлению. Химиче-

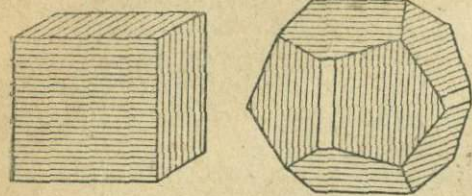


Рис. 20. Пирит

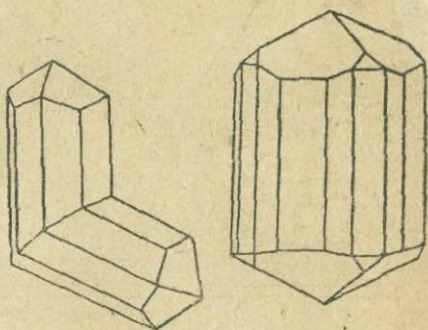


Рис. 21. Рутил

ски рутил проверяется на Ti (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ti). В осколках можно его спутать с касситеритом и темноокрашенными редкоземельными минералами. От касситерита отличается под микроскопом более высокими показателями преломления и двупреломлением (см. касситерит), от редкоземельных — химическим анализом.

Свинец. Pb. Кубической сингонии. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Черта блестящая свинцово-серая. Тв. = 1,5. Очень ковкий. В природе встречается редко. В шлихах наблюдается в неправильных окатанных пластинках.

Определение. Свинец устанавливается под бинокляром по свинцово-серому цвету минерала и черты, металлическому блеску и большой ковкости. Проверяется химически на свинец. В шлихе его можно спутать с самородным серебром, цинком и оловом. Различают их химическим анализом. Серебро хорошо растворяется в HNO_3 , а свинец частично (см. серебро).

Серебро Ag. Кубической сингонии. Цвет серебряно-белый с черной побежалостью. Блеск металлический. Черта серебристо-белая. Тв. = 2,5—3. Ковко. Встречается в шлихах в виде неправильных зерен, пластинок. В природе минерал редкий.

Определение. Серебро устанавливается под бинокляром по серебристо-белому цвету, черной побежалости, низкой твердости и большой ковкости. Проверяется химически на Ag (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ag). Легко растворимо в HNO_3 ; раствор Ag с NH_4Cl дает творожистый осадок хлористого серебра. В мелких зернах по цвету серебро можно спутать с самородным свинцом, оловом и платиной. От свинца и олова его отличают химической проверкой на Ag, Pb и Sn. От платины он отличается низкой твердостью и характером растворимости в HNO_3 (см. платину).

Сидерит FeCO_3 . Гексагональной сингонии. Цвет серый, бурый. Блеск стеклянный до перламутрового. Черта светлая. Тв. = 3,5—4. Обладает совершенной спайностью по ромбоэдру (1011). Прозрачен. Показатели преломления выше, чем у кальцита: $N_m = 1,830 - 1,872$, $N_p = 1,596 - 1,634$. Оптически отрицателен. Двупреломление очень высокое. Форма зерен в шлихах аналогична кальциту — неправильные угловатые или остроугольные пластинки с совершенной спайностью. Сидерит менее устойчив, чем кальцит, поэтому в шлихах он встречается гораздо реже; часто он бывает окислен, покрыт корочкой лимонита.

Определение. Сидерит определяется по пластинчатой форме зерен и бурому цвету. Проверяется в основном под микроскопом. При нагревании в HCl шипит. Солянокислый раствор сидерита имеет желтый цвет от присутствия железа.

Силлманит Al_2SiO_5 . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов волокнистый, призматический. Иногда кристаллы несут вертикальную штриховку. Цвет: серый, зеленоватый и бесцветный. Блеск стеклянный. Тв. = 6—7. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1,680$, $N_m = 1,660$, $N_p = 1,659$; $2V = +20^\circ$. Развита совершенная спайность по (100). В шлихах встречается в призм-

матических удлиненных (шестоватых) пластинках. В россыпях среди метаморфических пород встречается часто.

Определение. Под бинокляром силлиманит определяется по призматическим шестоватым зернам с вертикальной штриховкой. Проверка ведется только оптическая. В осколках силлиманита можно спутать с тремолитом и актинолитом. Тремолит и актинолит имеют отрицательный оптический знак, большое $2V$ и более низкие показатели преломления, чем силлиманит. Силлиманит, наоборот, имеет положительный оптический знак и небольшое $2V$.

✓ **Сфалерит** (цинковая обманка) ZnS . Кубической сингонии. Цвет этого минерала бывает разнообразный: желтый, красный, зеленый, но чаще бурый или черный. Блеск алмазный, металлический или жирный. Черта бурая или желтая. Изотропная. Показатель преломления: $n = 2,34_{Zn} - 2,37_{Na}$. Спайность по (110) весьма совершенная. Для россыпий сфалерит — минерал случайный, наблюдается только вблизи коренных месторождений. В шлихах кристаллической формы не сохраняет, встречается в неправильных зернах, с жирным блеском и со спайностью.

Определение. Под бинокляром сфалерит определяется по сильному алмазному и жирному блеску, хрупкости и совершенной спайности. Под микроскопом легко устанавливается по изотропии и высокому показателю преломления. Химически проверяется на Zn и серу (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Zn и S). На угле дает белый налет ZnO ; смоченный $Co(NO_3)_2$, он становится зеленым. При нагревании растворяется в кислотах HNO_3 и HCl . В осколках сфалерит бывает похож на касситерит, брукит и сфен, но под микроскопом он легко отличается от них изотропией.

✓ **Сфен** (титанит) $CaTiO_6$. Моноклинной сингонии. Габитус кристаллов разнообразный: таблитчатый по (001) или (100) и плоскопризматический с преобладающим развитием граней основной косо́й призмы (111). Цвет большей частью желтый, бурый, реже зеленый, серый. Блеск стеклянный, алмазовидный, в изломе жирный. Тв. = 5—6. Прозрачен. Показатели преломления высокие: $N_g = 2.034$, $N_m = 1.907$, $N_p = 1.900$; $2V = + 27^\circ$. Оптически положителен. Двупреломление высокое. Интерференционные тона розовые, белые высшего порядка.

В россыпях сфен довольно устойчивый, встречается часто. В шлихах он имеет вид неправильных окатанных или остроугольных зерен; нередко сохраняет характерную кристаллическую форму в виде удлиненных призматических кристаллов с преобладающим развитием косо́й призмы (111), напоминающих тетрагональную дипирамиду или форму конверта (см. рис. 22 и табл. III, фиг. 2).

Определение. Сфен под бинокляром устанавливается по характерному виду кристаллов, напоминающих форму конверта, стеклянному алмазовидному блеску и желтому цвету. Проверяется под микроскопом, где легко устанавливается по высоким показателям преломления, характерной интерференционной окраске, имеющей розовые и белые цвета высшего порядка, и

интерференционной фигуре с небольшим $2V$. Химически проверяется на титан путем сплавления с содой (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Ti). В осколках сфен похож на монацит и касситерит. От монацита сфен отличается конвертообразной формой кристаллов, положительной реакцией на Ti, более высокими показателями преломления и двупреломлением. От касситерита отличается двусной фигурой, более низкой твердостью и отрицательной реакцией на оловянное зеркало (см. касситерит).

Топаз $\text{Al}(\text{FOH})_2\text{AlSiO}_4$. Ромбической сингонии. Габитус кристаллов призматический с преобладающим развитием граней вертикальных призм, которые покрыты характерной вертикальной штриховкой (см. рис. 23). Кристаллы топаза обычно с заостренными вершинами, имеют вид домика. Совершенная спайность развита по (001). Водянопрозрачен, бесцветен или окрашен

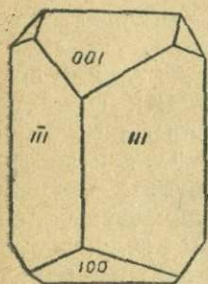


Рис. 22. Сфен.

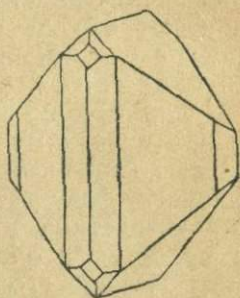
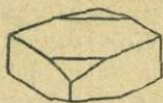


Рис. 23. Топаз

в светлые оттенки желтого, винно-желтого, зеленоватого, фиолетового и розового цветов. Блеск стеклянный, на спайных плоскостях перламутровый. Тв. = 8. Показатели преломления: $N_g = 1.627$, $N_m = 1.620$, $N_p = 1.619$; $2V = +49^\circ - 66^\circ$. Двупреломление очень низкое, кварцевое.

В шлихах сохраняется хорошо, встречается в виде окатанных бесцветных или желтых зерен удлиненной формы или в кристаллах призматической формы с тонкой штриховкой по вертикальным граням.

Определение. Топаз устанавливается по призматической форме кристаллов с заостренными вершинами в виде домика, тонкой штриховке на гранях призмы, водянопрозрачному или желтоватому цвету, стеклянному блеску, высокой твердости. Проверяется обычно под микроскопом. Иногда проверяется химически на фтор с серной кислотой; для этой реакции нужно много материала. В мелких неправильных осколках и зернах топаз можно спутать с касситеритом, андалузитом, кварцем, силлиманитом, алмазом. От касситерита он отличается низкими показателями преломления в двупреломлении; от андалузита — более низким двупреломлением и оптически положительным знаком; от кварца — более высоким удельным весом (тонет в бромформе) и двусной фигурой; от силлиманита — более низкими

показателями преломления и дупреломлением; от алмаза — анизотропностью и низким показателем преломления.

✓ **Флюорит** CaF_2 . Кубической сингонии. Габитус кристаллов кубический, редко бывает октаэдрический. Грани куба часто бывают покрыты комбинационной штриховкой, па параллельно всем четырем ребрам. Совершенная спайность по (111). Дает двойники прорастания по (111). Редко бесцветен или водянопрозрачен; большей частью окрашен в фиолетовый, зеленый; реже в желтый, голубой, красный и серый цвета. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности иногда перламутровый. Тв. = 4. Прозрачен. Изотропен. Имеет очень низкий показатель преломления = 1.434. В россыпях встречается только местами, близ источника происхождения. На далекие расстояния не переносится: разрушается вследствие невысокой твердости. В шлихах наблюдается в зернах неправильной формы, иногда в виде треугольных пластинок, редко сохраняет кристаллы. В россыпях зерна флюорита часто имеют фиолетовую окраску, которая распространена по зерну пятнами.

О п р е д е л е н и е. Флюорит узнается под бинокляром по кубической форме кристаллов (если они сохранены), фиолетовому цвету и стеклянному блеску. Под микроскопом он устанавливается легко по низкому показателю преломления и изотропии. Окрашенный флюорит в осколках можно спутать с гранатом, шпинелью, цветным цирконом; от них он отличается более низкой твердостью и очень низким показателем преломления. По твердости можно его спутать с апатитом, шеелитом, баритом и с многими другими бесцветными минералами с близкими ему показателями преломления. От всех перечисленных минералов отличается низким показателем преломления и изотропностью. Химическая проверка делается на фтор с серной кислотой (см. Зильберминц. „Руководство и таблицы для определения минералов при помощи паяльной трубки“. Реакция на F).

✓ **Халькозин** (медный блеск) Cu_2S . Ромбической сингонии. Габитус кристаллов псевдогексагональный — толстые таблички. Цвет черновато-свинцово-серый. Блеск металлический, матовый в шлихах. Твердость низкая = 2,5—3. Черта темносерая. Непрозрачен. В природе минерал неустойчивый. В шлихах встречается редко, обычно наблюдается в сплошных массах с матовым блеском.

О п р е д е л е н и е. Под бинокляром халькозин устанавливается по темносвинцово-серому цвету, металлическому блеску и низкой твердости. Проверка химическая на медь и серу. Перед паяльной трубкой окрашивает пламя в голубоватый цвет. При сплавлении с содой на угле дает королек металлической меди красного цвета, растворимый в HNO_3 . Халькозин растворим в HNO_3 .

Халькопирит (медный блеск) CuFeS_2 . Тетрагональной сингонии. Цвет латунно-желтый с золотистой или пестрой побелостью. Блеск металлический. Черта зеленовато-черная. Тв. = 3,5—4. Непрозрачен. В шлихах обычно встречается в неправильных угловатых зернах с раковистым изломом. В природе

он менее устойчивый минерал и имеет меньшее распространение, чем пирит. Поэтому в шлихах встречается гораздо реже, чем пирит.

Определение. Халькопирит устанавливается под бинокляром по латунно-желтому цвету, с золотистым оттенком. Проверяется химическим путем на медь и серу. В кислоте HNO_3 растворяется с трудом, в царской водке разлагается хорошо. Перед паяльной трубкой на угле легко плавится в магнитный королек. В неправильных осколках его легко спутать с пиритом; в этом случае их различить можно химическим путем — проверкой на присутствие меди; помимо этого пирит обычно сохраняет огранения.

✓ **Церуссит** PbCO_3 . Ромбической сингонии. Цвет: бесцветный до белого, серый, желтый (от окислов железа). Блеск алмазный. Тв. = 3—3,5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 2.078$, $N_m = 2.076$, $N_p = 1.804$; $2V = 8^\circ$. Двупреломление высокое, как у всех карбонатов.

В шлихах очень редко сохраняет огранения, больше дает окатанные зерна; иногда наблюдаются двойники и тройники прораствания, которые имеют вид звездчатой формы. Для шлихов церуссит — минерал не характерный, встречается редко.

Определение. Церуссит предварительно устанавливается по алмазному блеску, звездчатой форме двойников (если они есть), характеру растворимости в кислотах. В HCl растворяется легко с шипением. Проверка ведется оптическая и химическая. Химическая проверка — реакция на свинец с KJ (см. главу „Микрохимические реакции“ на Pb). В неправильных окатанных зернах церуссит можно спутать с бесцветными минералами, близкими по твердости: кальцитом, баритом, шеелитом, апатитом. От всех, кроме кальцита, церуссит отличается легкой растворимостью с шипением в HCl . От кальцита он отличается реакцией на свинец и более высокими показателями преломления.

✓ **Циркон** ZrSiO_4 . Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический, заканчивается пирамидой. Призмы удлинены по главной оси. Цвет очень разнообразный: бесцветный, серый, зеленый, бурый, красный, розовый и фиолетовый. В шлихах большей частью наблюдаются бесцветные разности. Блеск алмазный. Тв. = 7,5. Прозрачен. Имеет высокие показатели преломления: $N_g = 1.968$ до 2.015, $N_m = 1.923$ до 1.960. Двупреломление высокое, близкое к касситеритовому.

В россыпях минерал устойчивый, встречается часто; обычно сохраняет кристаллические огранения. В шлихах встречается в виде бесцветных призматических зерен с гранями призмы (100) или (110) или обеими вместе, в конце ограниченными пирамидой, большей частью (111) (рис 24); иногда встречается в окатанных прозрачных зернах наподобие слезинок, окрашенных в различные оттенки цветов. Неправильные обломки обычно бывают остроугольные.

Определение. Под бинокляром циркон устанавливается по характерной призматической форме кристаллов, алмазному

блеску и высокой твердости. Проверяется он главным образом оптически. По огранению и оптическим свойствам циркон похож на торит и касситерит. Торит от циркона отличается окраской. Он окрашен обычно в черный, бурый и оранжевый цвета, которые для циркона не характерны. Под микроскопом торит от циркона трудно отличить, поэтому приходится прибегать к химической проверке на торий (см. главу „Микрохимические реакции“ на Th).

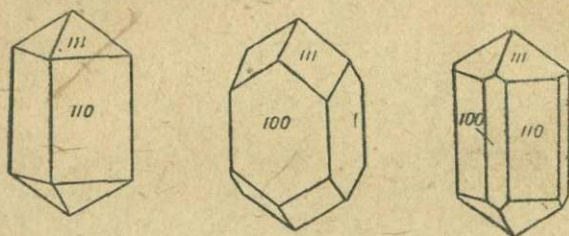


Рис. 24. Циркон

Касситерит от циркона легко отличить реакцией на оловянное зеркало (см. касситерит).

Шеелит CaWO_4 Тетрагональной сингонии. Габитус кристаллов дипирамидальный. Окрашен бывает в разные цвета: желтый, зеленый, бурый, но в шлихах он обычно наблюдается молочно-белого цвета. Блеск стеклянный до алмазного, часто бывает шелковистый. Тв. = 4,5—5. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.934$, $N_m = 1.918$. Оптически положителен. Не очень высокое двойное преломление. В шлихах встречается довольно часто больше в мелких неправильных окатанных зернах молочно-белого цвета с шелковистым блеском; очень редко сохраняет кристаллы, имеющие характерную дипирамидальную форму (рис. 25).

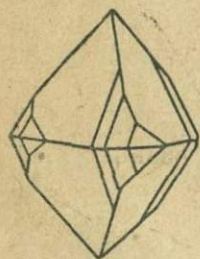


Рис. 25. Шеелит

Определение. Шеелит устанавливается под лупой по молочно-белому цвету зерен, шелковистому блеску и низкой твердости. Проверяется химическим и оптическим путем. В соляной и азотной кислотах он растворяется с выделением желтой вольфрамовой кислоты $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, растворимой в аммиаке. По растворении шеелита кальций переходит в раствор, а WO_3 выделяется в осадке. Солянокислый раствор шеелита, при кипячении с металлическим Sn принимает характерный синий цвет (см. главу „Простейшие химические реакции“ на Sn). Эта реакция его отличает от всех минералов. Под микроскопом шеелит легко устанавливается по высокому показателю преломления и невысокому двупреломлению. В окатанных зернах он очень похож на апатит, барит и многие другие неокрашенные минералы, близкие по твердости. От апатита и барита шеелит отличается высоким показателем преломления и растворимостью в HCl с выделением желтого осадка вольфрамовой кислоты.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В ЛЕГКУЮ ФРАКЦИЮ ПОСЛЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ШЛИХА БРОМОФОРМОМ

В легкой фракции после разделения шлиха бромформом остаются минералы, которые имеют удельный вес ниже 2,9—удельного веса бромформа: кварц, полевые шпаты, фельдшпаты, берилл, неокрашенные слюды и др. минералы.

Для определения эта группа не представляет особой трудности. Определяется она в основном под микроскопом.

Берилл $H_2Be_6Al_4Si_{12}O_{37}$ (Na_2 , Li_2 , Cs_2 изоморфны с Be). Гексагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический — гексагональная призма. Грани призмы нередко несут вертикальную штриховку. Совершенная спайность по (0001). Бесцветен или окрашен в зеленоватый, желтоватый и изумрудно-зеленый цвета. Блеск стеклянный. Тв. = 7,5—8. Прозрачен. Показатели преломления: $N_m = 1.574$ до 1.598, $N_p = 1.569$ до 1.590. Оптически отрицателен. Двупреломление слабое. Берилл в природе встречается ограниченно. В россыпях довольно устойчивый, часто сохраняет очертания гексагональной призмы.

Определение. Под бинокулярной лупой берилл легко устанавливается по призматической форме кристаллов, имеющих форму гексагональной призмы, по вертикальной штриховке на гранях призмы, изумрудно-зеленому цвету и высокой твердости. Проверяется под микроскопом и микрохимической реакцией на бериллий (см. Беренс и Клей. „Микрохимический анализ“ на Be).

Кварц SiO_2 . Гексагональной сингонии. Габитус кристаллов призматический или пирамидальный. Бесцветен, иногда бывает окрашен в розовый или желтый цвета. Блеск стеклянный. Тв. = 7. Прозрачен. Показатели преломления: $N_g = 1.553$, $N_m = 1.545$. Оптически положителен. Двупреломление очень низкое — близко к двупреломлению полевых шпатов. В россыпях большей частью имеет окатанные зерна неправильной формы.

Определение. Под бинокуляром кварц устанавливается по стеклянному блеску окатанных зерен с раковистым изломом и высокой твердости. Проверяется под микроскопом.

Полевые шпаты и фельдшпаты — сложные алюмосиликаты. Кристаллизуются в моноклинной и триклинной сингониях. Цвет обычно молочно-белый, бесцветный или окрашены в розовый, желтый и зеленый цвета. Блеск стеклянный. Тв. = 6. Прозрачны. Показатели преломления низкие — не выше 1,584, чем легко отличаются от похожих минералов тяжелой фракции. Двупреломление очень низкое, в серых интерференционных тонах. В иммерзионных препаратах нередко наблюдается наличие полисинтетических двойников. В шлихах они обычно очертаний не сохраняют, наблюдаются в окатанных зернах неправильной формы

Кроме берилла, как полезные ископаемые в легкой фракции, прочие минералы не представляют особого интереса. Все минералы легкой фракции в обломках и окатанных зернах очень похожи на многие бесцветные минералы тяжелой немагнитной фракции, напр., на шеелит, барит, апатит карбонаты и др. Поэтому разделение шлиховой пробы бромформом на легкую и тяжелую фракции очень облегчает минералогический анализ шлиха, избавляет от лишней проверки минералов под микроскопом и химией. При анализе различных фракций шлиха нужно учесть тот факт, что не исключена возможность засорения минералов одной фракции минералами другой. Все зависит от индивидуальных качеств шлиха: ассоциации минералов, размера зерен, сростков, степени окисленности и прочих свойств, влияющих на разделение шлиха магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями,

Глава VII

МИКРОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

При минералогическом анализе шлихов не малую роль также играет микрохимический анализ. Оптический метод не всегда дает достаточное количество сведений для определения минерала, поэтому во многих случаях приходится прибегать к химии. Но большей частью в шлиховом материале минералы встречаются в виде мелких зерен, которые исследовать простыми химическими реакциями при помощи паяльной трубки невозможно; в таких случаях приходится прибегать к помощи микрохимического анализа.

Микрохимические реакции приходится применять, главным образом, при открытии редких элементов: Ta, Nb, Th, U, Ce, Te, Bi, W, Mo, Sb, Pb. Некоторые микрохимические реакции в применении к минералам разработаны микрохимиком ЦНИГРИ А. П. Уртьевой: микрохимия тантала, ниобия, тория и др. редких земель. Все разработанные ею реакции здесь приведены. При микрохимическом определении других элементов в основном приходится пользоваться переводом с немецкого Г. Беренс и П. Д. Клей „Микрохимический анализ“, где интересующиеся найдут также и полные сведения о самой методике микрохимических определений и список реактивов. В конечном результате при микрохимических реакциях получаем характерные кристаллы солей интересующих нас элементов. Кристаллы всегда наблюдаем под микроскопом на предметном стекле. Ниже приводятся качественные микрохимические реакции, наиболее часто употребляемые в нашей практике при шлиховом анализе.

Микрохимическая реакция на ванадий

а) При больших количествах. Минерал сплавляется на платиновой проволоке с Na_2O_2 , затем сплав выщелачивается водой на часовом стекле и отфильтровывается через маленькую

вороночку диаметром в 1 см. К раствору прибавляется твердый NH_4Cl . После прибавления последнего выпадают в виде чечевицы кристаллы метаванадатаммония.

б) При малых количествах. Минерал сплавляется в платиновой чашечке с Na_2O_2 и выщелачивается водой. После выщелачивания раствор нейтрализуется до слабо щелочной реакции HNO_3 ; затем осаждается NH_4Cl и осадок отфильтровывается через микрофильтр. Осадок на микрофильтре промывается водой и растворяется в водном растворе аммиака. По растворении осадка выпадают кристаллы метаванадатаммония. Берется капля этого раствора на предметное стекло, и под микроскопом наблюдаются кристаллы метаванадатаммония в виде чечевицы.

Микрохимические реакции на висмут

а) Реакция с хлористым цезием. На предметном стекле к капле солянокислого раствора висмутового минерала прибавляются кристаллики KJ и CsCl . Выпадают красные кристаллы иодистого цезий-висмута, гексагональной сингонии. Аналогичная реакция получается с сурьмой, кристаллы, в отличие от цезий-висмута, окрашены в желтый цвет.

б) Открытие висмута из азотнокислого раствора. Эта реакция удается с сильно концентрированной пробной каплей 0,2% азотнокислого висмута. Она применима почти во всех случаях, так как присутствие других элементов не мешает ее образованию. При работе нужно иметь достаточно концентрированный раствор и избегать большого избытка серной кислоты, во избежание растворения кристаллов сернокислого калий-висмута. Нужно остерегаться соединения кристаллов получаемой соли с шестиугольниками большой величины сернокислого калия, появляющимися по краям капли. К азотнокислому раствору на предметном стекле прибавляется капля крепкой H_2SO_4 , затем она выпаривается почти досуха (для того, чтобы уменьшить концентрацию H_2SO_4). Потом остаток растворяется в капле H_2O , и на этом же стекле рядом с раствором помещается капля K_2SO_4 . Капля висмутсодержащего раствора с K_2SO_4 соединяется проволочкой (платиновой). На месте соединения появляются кристаллы сернокислого калий-висмута в виде шестиугольных пластинок. Пластины калий-висмута изотропны. Иногда эти пластины имеют темные полосы соединения двух вершин противоположных углов. Если минерал висмута не растворим в HNO_3 , то его предварительно сплавляют с содой.

Микрохимическая реакция на олово

Если минерал не растворим в HNO_3 , то он сплавляется с Na_2O_2 на платиновой проволоке и растворяется на часовом стекле в H_2O для получения метаоловянной кислоты, с которой соли рубидия дают хлоростанат рубидия. Раствор с HNO_3 выпаривается на водяной бане, затем остаток снова растворяется в H_2O . В нерастворимом остатке остается метаоловянная кислота,

которая отфильтровывается через микрофильтр и растворяется в слабой HCl. На предметном стекле к капле раствора прибавляются крупинки RbCl, от присутствия которого выпадают кристаллы хлоростаната рубидия кубической системы, дающие формы последнего: октаэдры, ромбододекаэдры, кубооктаэдры. Грани ромбододекаэдра дают резкие полосы на ребрах октаэдров. Иногда на вершинах октаэдров получаются темные точки.

Микрохимическая реакция на молибден

Минерал сплавляется с КОН на платиновой проволочке и растворяется в воде. В растворе нужно иметь избыток едкого калия или натра. На предметное стекло берется капля раствора и к ней прибавляется кристаллик азотнокислого таллия. Выпадают просвечивающие бесцветным или очень слабым желтым оттенком шестисторонние листочки молибденовокислого таллия, часто настолько тонкие, что в падающем свете можно наблюдать интенсивные интерференционные цвета. Иногда появляются красивые решетчатые шестилучевые звезды, лучи которых направлены под углами в 60 и 120°.

Микрохимическая реакция на платину

Если самородная платина без значительных примесей иридия, осмия и родия, то она легко растворяется в царской водке, получается раствор хлорной платины. Если к капле раствора хлорной платины прибавить кристаллик хлористого рубидия, то получают мелкие октаэдры совершенной формы желтого цвета. Кристаллы наблюдают под микроскопом.

Микрохимический анализ редких земель

Церит и торит хорошо разлагаются соляной кислотой; а монацит — серной кислотой. Самарскит разлагают последовательной обработкой плавиковой и серной кислотами (в небольшом платиновом тигле) или сплавлением с кислым, сернокислым калием или натрием. Следует предпочесть бисульфат натрия, так как целый ряд редких земель с кислым или сернокислым калием образуют трудно растворимые двойные соли. При обработке плавиковой кислотой все редкие земли остаются в осадке в виде нерастворимых фтористых солей, которые переводятся в раствор последующим кипячением с серной кислотой. Серная кислота выпаривается почти досуха. Остаток растворяется небольшим количеством H₂O и затем аммиаком осаждаются редкие земли и некоторые компоненты третьей группы. Осадок промывается и растворяется в слабой HCl. Рассчитывается, чтобы содержание кислоты было приблизительно полунормальным. Раствор нагревается до 60°, и редкие земли осаждаются щавелевой кислотой. Осадок редких земель — тяжелый мелкокристаллический, при взбалтывании он быстро падает на дно. Если оставить осадок на ночь, то кристаллы редких земель прилипают к стенкам

пробирки. Затем осадок отфильтровывается и промывается горячей слабо подкисленной водой. Осадок обычно проверяется на присутствие церия или тория.

Реакция на церий. Промытый осадок редких земель озоляется и растворяется в HCl и HNO_3 , раствор выпаривается досуха и остаток растворяется в воде. Отличительной реакцией для цериевых соединений является образование осадка, окрашенного в оранжевый, до красно-бурого цвета от прибавления NH_3 к раствору солей редких земель, к которому предварительно была прилита H_2O_2 . Присутствие церия еще проверяется микрохимической реакцией с янтарнокислым аммонием по Беренс и Клей (см. их „Микрохимический анализ“ на Се).

✓ Микрохимическая реакция на свинец

Открытие Pb в церуссите. Минерал растворяется на предметном стекле в HCl , затем досуха выпаривается. Выпаренный осадок растворяется в капле H_2O , охлаждается и к нему прибавляется кристаллик KJ . Получаются кристаллы PbJ_2 желтого цвета, в виде неправильных шестиугольников, которые можно наблюдать под микроскопом. Открытие Pb_2 в сернистых соединениях производится после сплавления с содой или разложения в царской водке.

✓ Микрохимическая реакция на сурьму

Если минерал нерастворим в кислотах, то сплавляется с содой и растворяется на предметном стекле в соляной кислоте. К капле солянокислого раствора прибавляются кристаллики KJ и CsCl при этом выпадают кристаллы хлористой цезий-сурьмы в виде шестиугольных пластинок желтого цвета, похожих на кристаллы хлористого цезий-висмута. Последние кристаллы отличаются от кристаллов хлористой цезий-сурьмы красным цветом.

✓ Микрохимический анализ тантала и ниобия

Тантал и ниобий можно не отделять от других элементов. Открытие основано на различной растворимости калиевой и натровой солей, кислот тантала и ниобия. Калиевая соль сравнительно хорошо растворима в воде, натровая соль растворима при комнатной температуре очень мало, несколько больше при нагревании.

Растворимость натровых солей еще более понижена при прибавлении к раствору едкого натра, и при достаточном количестве последнего можно из раствора практически выделить весь тантал и ниобий.

Разложение минерала производится сплавлением с KOH на платиновой проволоке (KOH должен быть свободен от Na и по возможности не должен содержать углекислоты, так как

последняя разлагает натровую соль танталовой кислоты, осаждавая свободную кислоту). Сплав выщелачивается небольшим количеством горячей воды на часовом стеклышке, к которой прибавлена капля 10% раствора КОН, чтобы предотвратить возможность выпадения трудно растворимой кислоты калиевой соли. Раствор отфильтровывается через микрофильтр и, если нужно, слегка концентрируется. Затем к калле раствора на предметном стекле прибавляется 1 капля 10% раствора NaOH и несколько кристалликов уксуснокислого натрия.

Через некоторое время (при большом содержании тантала и ниобия в растворе) тотчас же выпадают кристаллы гексатанталата натрия ($\text{Na}_8\text{Ta}_6\text{O}_{19} \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$) и гексаниобата натрия ($\text{Na}_8\text{Nb}_6\text{O}_{19} \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$). Сначала выпадают палочки, затем шестиугольники, совершенно правильные или слегка вытянутые, и, наконец, шестиугольные звезды неправильной формы. Правильные шестиугольники и звезды при скрещенных николях дают темноту. Слегка вытянутые шестиугольники очень слабо поляризуют. Интерференционный цвет — серый 1-го порядка. В сходящемся свете получается фигура косо́го сечения одноосного кристалла. Знак кристалла отрицательный. Палочки и иглы поляризуют несколько больше, но все же цвет не выше светлосерого 1-го порядка. Они имеют положительное удлинение.

Иногда попадаются шестиугольники, пересеченные пополам, причем при скрещенных николях на темном фоне шестиугольника видна светлая полоска.

Иногда вместо вышеописанных кристаллов появляются тонкие иглы, которые, располагаясь радиально, образуют круги. Их легко отличить еще по отрицательному удлинению. Очевидно, это выкристаллизовываются кислые соли, так как путем целого ряда опытов удалось выяснить, что появление их является следствием недостаточного количества щелочи в растворе. Если к препарату, давшему такие кристаллы, прибавить каплю щелочи (лучшие результаты получаются, если брать КОН, а не NaOH), кристаллы растворяются и, спустя некоторое время, выкристаллизовываются уже нормальные кристаллы гексатанталата и гексаниобата натрия. Надо заметить, что иногда кристаллы очень долго не появляются, и только спустя 20—30 минут появляются едва заметные очертания кристаллов, которые становятся все яснее и яснее, хотя кристаллы не увеличиваются в размерах, причем одновременно становится видна вся масса кристаллов. В данном случае показатели преломления щелочи одинаковы с показателем преломления кристаллов, а при дальнейшем постепенном подсыхании препарата получается некоторая разность, и потому кристаллы становятся ясно видны.

При определении показателя преломления кристаллов выяснилось, что он различен не только для кристаллов, получаемых из танталитов различных шлихов, но даже для кристаллов, получаемых из танталитов одного и того же шлиха. Средняя величина для N_g получалась от 1.525 до 1.532. Были найдены величины N_g для натровых солей чистых препаратов Nb_2O_5 и Ta_2O_5 и затем для трех смесей их.

Состав смеси	Полученная средняя величина для N_g
100% Ta ₂ O ₅	1 537
75% Ta ₂ O ₅ + 25% Nb ₂ O ₅	1 533
50% Ta ₂ O ₅ + 50% Nb ₂ O ₅	1 531
25% Ta ₂ O ₅ + 75% Nb ₂ O ₅	1 529
100% Nb ₂ O ₅	1 521

Пределы колебаний для $N_g \pm 0,016$ или 0,002. Эта таблица дает представление о возможных соотношениях Ta₂O₅ и Nb₂O₅ в минерале. Этот вопрос следует разработать более детально, так как А. П. Уртьевой были взяты не строго точные количества, в виду того, что в ее распоряжении были слишком малые количества препаратов Ta₂O₅ и Nb₂O₅.

При определении показателя преломления встречается единственное затруднение. Выделившиеся кристаллы очень трудно отмыть от щелочи, так как при длительном промывании вода их растворяет. Лучше поступать следующим образом. Когда кристаллы хорошо видны и пока раствор еще не весь высох, следует прикладывать осторожно сверху фильтровальную бумагу и слегка прижимать ее. Если остается щелочь, можно препарат увлажнить дыханием и снова присушить фильтровальной бумагой. Эта реакция очень чувствительна, и по ней очень трудно судить о количественной стороне содержания Ta и Nb в данном минерале (реакция разработана А. П. Уртьевой).

Микрохимическая реакция на теллур

Растворяется в царской водке (HNO₃:3HCl). Если минерал не растворяется, то сначала он сплавляется с Na₂O₂ на платиновой проволоке, сплав растворяется на часовом стекле в HCl 1:1. Из раствора осаждается теллурахлористоводородный цезий хлористым цезием. Образуется желтый осадок кристаллов в виде октаэдров, палочек, трапеций. При прибавлении KJ кристаллы CsTeCl₆ темнеют, в отличие от хлороплатината цезия.

Микрохимическая реакция на торий

Из окислов и фосфорных соединений торий извлекается следующим путем: минерал сплавляется с NaHSO₄ в платиновой чашке на небольшом огне, не давая ему сильно накаливаться (только пары). Сплав растворяется в H₂O; к нему прибавляется капля H₂SO₄ (для растворения основных солей тория). Если после растворения сплава получается осадок, то он отфильтровывается через простой фильтр. Из фильтрата осаждается при помощи NaOH гидрат тория, осадок которого фильтруется через асбестовый микрофильтр (простой фильтр щелочь разъедает) и промывается. Осадок растворяется на фильтре HNO₃ и выпаривается на водяной бане досуха; затем растворяется в H₂O и к нему прибавляется 2 капли NH₄OH для осаждения других

элементов, мешающих открытию тория. Прибавляется углекислый аммоний для растворения гидратов тория и урана (остальные гидраты остаются нерастворимыми). Оттягиваем через фильтровальную бумажку раствор и прибавляем углекислого талия. Выпадают кристаллы углекислого талий-тория в виде ромбов с острыми углами 70° . Погасание кристаллов совпадает с диагоналями ромба. Двупреломление кристаллов слабое (серые интерференционные тона) (реакция разработана А. П. Уртьевой).

Если торий нужно открыть из силикатовых соединений, то минерал разлагают в плавиковой кислоте. После разложения выпаривают до удаления белых паров. Дальше процесс работы идет, как описано выше.

Микрохимическая реакция на уран

Из несиликатных минералов уран открывается сплавлением в платиновой чашечке 1 части минерала с 10 частями NaHSO_4 на небольшом пламени до выделения белых паров. Сплав выщелачивается водой. Если есть осадок, то он отфильтровывается. Из раствора осаждается NaOH гидрат урана; осадок отфильтровывается через асбестовый микрофильтр. Осадок гидрата урана растворяется в HNO_3 . Раствор выпаривается на водяной бане, затем осадок растворяется в H_2O , и к раствору прибавляется 2 капли NH_4OH , полученный осадок урана и тория растворяется в углекислом аммонии (остальные гидраты остаются в осадке) и в каплю раствора прибавляются кристаллы углекислого талия. Образуются кристаллы углекислого талий-урана в виде ромбиков с углами в 100° , 80° , 130° с высоким двупреломлением (высокие интерференционные тона), с косым погасанием относительно диагонали. Эти свойства кристаллов урана противоположны ромбам ториевого соединения.

Микрохимическая реакция на цинк

Открытие Zn в смитсоните. Минерал растворяется на часовом стекле в HCl , раствор досуха выпаривается. Выпаренный осадок растворяется в H_2O и охлаждается. К капле на предметном стекле прибавляется капля углекислого аммония. Получаются бесцветные кристаллы углекислого цинка треугольной формы.

Глава VIII

ПРОСТЕЙШИЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Очень часто при определении минералогического состава шлиха нет необходимости прибегать к микрохимическим реакциям, ограничиваясь применением простейших качественных химических реакций с помощью паяльной трубки или без нее. Многие из этих реакций столь чувствительны, что даже при очень небольшом количестве материала и при минимальной затрате времени дают достаточно точные и бесспорные результаты. Так,

например, реакции, производимые на предметном стекле на Sn, W, P, S, простейшим путем ведут к установлению присутствия этих элементов в минералах шлиха.

Многие из перечисленных ниже реакций, применяемых в нашей производственной работе, заимствованы из ряда руководств по работе с паяльной трубкой, главным образом из работы В. А. Зильберминца „Руководство и таблицы для определения минералов при помощи паяльной трубки“, Н. К. Разумовского „Определение минералов по наружному виду и при помощи паяльной трубки“, Шеллер и Поуэль „Анализ минералов и руд“, Мур „Химический анализ редких технических металлов“.

Реакция на алюминий.

Если минерал, содержащий Al, белый или после прокаливания становится белым, то кусочек минерала смачивается азотнокислым кобальтом $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и сильно прокаливается; от присутствия алюминия по охлаждении он становится синего цвета (Тенарова синь). Соли кремневой кислоты в подобных условиях тоже дают голубое окрашивание, а цинк — зеленое (Ринмонова зелень). Корунд синее окрашивание дает лучше в тонком порошке.

Реакция на ванадий

Минерал растворяется в разбавленной HCl; от присутствия ванадия раствор принимает красно-бурый цвет. При прибавлении капли H_2O_2 раствор переходит из красно-бурого цвета в цвет вина портвейн — розовато-коричневый. После высыхания препарата остаток будет зеленого цвета (что говорит о промежуточном восстановлении ванадиевых кислот). Многие ванадиевые соли растворимы в кислотах, и их раствор имеет желтый цвет. Сернистые соединения ванадия растворимы в $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Нерастворимые соединения ванадия лучше сплавляются с перекисью натрия.

Реакция на висмут

а) На угле. Сплавляется смесь исследуемого порошка с серой и KJ в окислительном пламени; вблизи от пробы получается желтый налет, а на некотором расстоянии налет висмута ярко-красного цвета. Пары аммиака переводят яркокрасную кайму налета висмута в оранжевый цвет, а после некоторого стояния — в вишнево-красный цвет. На гипсовой пластинке получается подобная реакция с теллуристыми соединениями, только пары аммиака обесцвечивают яркокрасную кайму TeJ_3 . Это является характерным отличительным признаком реакции на теллур от реакции на висмут.

б) При нагревании на угле смеси висмутового минерала с 3-мя объемами соды получается хрупкий королек висмута и желтый налет, Bi_2O_3 . В отличие от висмутового королька, корольки свинца и серебра, очень ковкие.

в) При испытании базовисмутита на висмут минерал растворяют в крепкой соляной кислоте, в раствор прибавляют кусочек ме-

таллического олова. В присутствии висмута на зерне олов образуетя корочка металлического висмута в виде черного налета.

При прокаливании висмутового минерала на пламени висмут окрашивает пламя в зелено-голубой цвет.

Реакция на вольфрам

а) Реакция с металлическим оловом. Эта реакция очень чувствительная, для нее достаточно одного небольшого зерна. При проверке минералов шлиха на W пользуются, главным образом, этой реакцией. При этом производство реакции несколько различно в случае растворимых в кислотах W-содержащих минералов (шеелит) и нерастворимых (вольфрамит) в них. В первом случае поступают следующим образом: растворяют на предметном стекле зерно в капле крепкой HCl, к раствору добавляют крупинку гранулированного олова и подогревают на пламени спиртовки. В присутствии вольфрама края препарата и испытуемое зерно принимают характерное яркосинее окрашивание.

Следует иметь в виду, что при этой реакции синяя окраска может появиться также и от присутствия в препарате V и Mo (кроме того, от Ta в Nb светлоголубая и от Ti — фиолетовая). Поэтому при пользовании этой реакцией нужно быть осторожным и быть уверенным, что исследуемый минерал не содержит вышешоименованных элементов (см. Разумовский „Определение минералов по наружному виду при помощи паяльной трубки“). Нерастворимые в HCl минералы, в которых предполагается W, предварительно сплавляются с содой на платиновой проволоке. Дальше реакция производится так, как указано в случае с растворимыми в кислотах вольфрамсодержащими минералами.

б) Восстановление вольфрама на алюминиевой пластинке. К капле воды на алюминиевой пластинке прибавляется тонко измельченный порошок минерала и небольшая капля HCl; в присутствии вольфрама при стоянии получается голубая окраска.

в) При разложении вольфрамовых соединений соляной кислотой получается осадок желтого цвета, что указывает на присутствие WO_3 .

Реакция на золото

Раствор золота в царской водке осторожно выпаривается на часовом стекле досуха. Затем прибавляется капля воды и хлористого олова $SnCl_2$. В присутствии золота выделяется пурпуровый осадок коллоидального золота и $Sn(OH)_2$. Осадок коллоидального золота растворяется в аммиаке, по его растворении получается красноватая жидкость.

Реакция на кобальт

Присутствие кобальта обычно проверяется корольками буры и фосфорной соли, которые имеют чистый синий цвет в окислительном и восстановительном пламени.

Реакция на марганец

К азотнокислому раствору марганцового минерала прибавляется немного PbO_2 и крепкой HNO_3 . Все осторожно кипятится. В присутствии марганца раствор окрашивается в фиолетово-красный цвет, а в присутствии следов — в розовый цвет.

Содовый королек марганца в окислительном пламени по охлаждению принимает голубовато-зеленый цвет, а в восстановительном пламени становится белым, в результате образования MnO . Если к белому корольку MnO прибавить немного селитры $NaNO_3$, то цвет королька в холодном состоянии опять восстанавливается в голубовато-зеленый от вновь образованного марганцовистокислого натрия.

Капельная реакция на медь

Фильтровальная бумага пропитывается насыщенным раствором роданистого калия, разбавленного половинным количеством H_2O . Капля испытуемого раствора, в случае присутствия меди, дает бурое пятно на пропитанной этим раствором бумаге. Бумагу держим над парами NH_3 ($NH_4Cl + KCN$), получается комплексный ион аммония и меди голубого цвета. На голубое пятно пускается капля раствора желтой кровяной соли. Пятно переходит в бурый цвет (отличие от никеля). Эта капельная реакция на медь разработана микрохимиком ЦНИГРИ А. П. Уртьевой. Солянокислый раствор меди окрашивает пламя в изумрудно-зеленый цвет. Испытание ведется с платиновой проволочкой. Если минералы меди прокалить на угле и смочить разбавленной HCl , пламя окрашивается в интенсивный голубой цвет.

Реакция на молибден

Измельченная в порошок руда сплавляется с Na_2CO_3 или K_2CO_3 и прибавляется немного KNO_3 ; сплав обрабатывается водой, доводится до кипения. Нерастворимый остаток отфильтровывается (Fe , Si , Ti и Zr). Фильтрат подкисляется соляной кислотой и кипятится до удаления CO_2 . Прибавляется немного роданистого калия и чистого цинка. В присутствии молибдена раствор окрашивается в характерный вишнево-красный цвет. При прибавлении H_2O_2 окраска исчезает, но снова возвращается, если избыток H_2O_2 разрушен цинком или другим восстановителем. При нагревании молибденового соляно-кислого раствора с Sn получается посинение раствора.

Реакция на мышьяк

а) Если минерал не растворим в крепкой азотной кислоте, то он сплавляется в Na_2CO_3 . Сплав растворяется в азотной кислоте, к раствору прибавляется молибденовокислый аммоний и подогревается на слабом пламени спиртовки; в присутствии мышьяка выпадает желтый осадок мышьяково-молибденового

аммония. Аналогичная реакция получается на присутствие PO_4 без подогревания. Лучше мышьяк открывать получением мышьякового зеркала в закрытой трубке. Полученное зеркало мышьяка растворяется в азотной кислоте, и из раствора молибденовокислым аммонием осаждается мышьяк в виде мышьяково-молибденового аммония.

б) Растворяется минерал в царской водке, раствор выпаривается (сухому не дают стоять на огне, так как мышьяк летуч). Остаток растворяется в капле HCl и воды и к раствору прибавляется кристаллик хлористого олова, в присутствии мышьяка получается осадок серого или бурого цвета.

Реакция на никель

К раствору минерала прибавляется небольшой избыток аммиака и немного порошка диметил-глиоксима; затем раствор нагревается до кипения. В присутствии даже небольших количеств никеля выпадает красивый карминово-красный осадок.

Реакция на олово

Открытие олова в касситерите. Берется капля крепкой соляной кислоты (на предметное стекло), в каплю погружается небольшое зерно касситерита и прибавляется цинковая пыль, происходит восстановление SnO_2 до металлического олова, которое выделяется в виде металлического зеркала-налета на зерне. После некоторого стояния налет Sn растворяется и зерно приобретает прежний вид. Получение металлического зеркала не всегда быстро достигается, особенно на светлых разновидностях касситерита. Если зерно не покрывается металлическим налетом с одного раза, то зерно следует поместить в новую каплю соляной кислоты и прибавить новые порции цинковой пыли; при вторичном погружении налет получается моментально. В других соединениях, напр., станин, олово открывается микрохимической реакцией с хлористым рубидием (см. главу „Микрохимических реакций“ на Sn).

Реакция на платину

К раствору платины в царской водке прибавляется вода, капля соляной кислоты и избыток диметил-глиоксима. Затем все кипятится и после кипячения получается осадок синезеленого цвета. При небольшом содержании платины осадок выпадает только по охлаждении раствора. Эта реакция довольно чувствительная. Но в шлиховом материале самородная платина встречается редко и в очень мелких единичных зернах, поэтому приходится большей частью прибегать к микрохимической реакции, для которой достаточно одного небольшого зерна 0,25 мм (см. главу „Микрохимические реакции“ на Pt). В группу платины входят иридий и осмистый иридий, которые в отличие от платины ни в чем не растворяются (даже в царской водке); осмистый иридий частично сплавляется с перекисью натрия.

Реакция на ртуть (из киновари)

Раскаленный шарик соды погружается в порошок киновари. Получается сгорание серы и восстановление ртути в виде капелек металлической ртути. Эти капельки ртути хорошо наблюдать под бинокуляром. Для этой реакции достаточно одного зерна около 0,25 мм.

Реакция на серу

Реакция с соединениями SO_4 продельвается на лучине или угле (в том случае, если минерал сплавляется на платиновой проволоке, то к пробе минерала примешивается толченый уголь). Углем SO_4 восстанавливается до H_2S . Лучина смачивается в воде, затем погружается в Na_2CO_3 . Получается королек с содой. На королек с содой берется испытуемый минерал и сплавляется. Сплав растворяется в капле воды на серебряной монете, получается черное или бурое пятно серной печени от присутствия серы. Реакция на серную печень в сульфидах делается без угля прямо на платиновой проволоке.

Реакция на серебро

На угле соединения серебра с содой дают серебряный металлический ковкий королек Ag , который растворяется в крепкой HNO_3 . Раствор серебра разбавляется водой и прибавляется немного HCl ; выпадает белый творожистый осадок хлористого серебра $AgCl$, который темнеет на свету и легко растворяется в аммиаке. Из творожистого осадка $AgCl$ можно вновь получить королек серебра.

Реакция на сурьму

Если у нас минерал антимонит, то он растворяется в крепкой KOH ; по мере его растворения сурьма с KOH дает желтый осадок пиросурьмяного калия. Если сурьма предполагается в каком-либо другом минерале, то лучше делать микрохимическую реакцию с иодистым калием и хлористым цезием (см. главу „Микрохимической реакции“ на Kb).

Реакция на теллур

Содержащий теллур минерал кипятится в H_2SO_4 . В присутствии теллура получается розовое или фиолетовое окрашивание (органические вещества дают аналогичную реакцию). На теллур для проверки данной реакции следует делать микрохимическую реакцию (см. главу „Микрохимических реакций“ на Te).

Реакция на титан

Минерал сплавляется с содой и обрабатывается равными объемами воды и H_2SO_4 , затем кипятятся в пробирке до растворения мути, после чего к раствору прибавляется 2 капли H_2O_2 ;

при наличии титана появляется окрашивание от светложелтого до оранжево-красного. Редкие земли с H_2O_2 тоже дают бледно-желтое окрашивание, но оранжевой окраски они никогда не дают. Эта реакция весьма чувствительная, присутствие титана можно установить при наличии одного небольшого зерна титан содержащего минерала.

Реакция на фосфор

Апатит растворяется в азотной кислоте без сплавления, а монацит и ксенотим сплавляются с содой, сплав выщелачивается азотной кислотой и на холоду к раствору прибавляется капля раствора или кристаллики молибденовокислого аммония; в присутствии PO_4 получается желтый осадок фосфорно-молибденовокислого аммония.

Реакция на хром

Путем сильного окисления хромистые соединения с содой переводятся в соединение Na_2CrO_4 (для лучшего окисления вводится селитра). Соединение Na_2CrO_4 растворяется в воде. Раствор подкисляется уксусной кислотой и к нему прибавляется азотнокислое серебро $AgNO_3$. В присутствии хрома выпадает краснобурый осадок.

Корольки хрома с бурой и фосфорной солью в холодном состоянии имеют яркозеленый цвет как в окислительном, так и в восстановительном пламени. Королек хрома с содой—желтого цвета.

Реакция на цинк

Смесь минерала, серы и угля нагревают на угле восстановительным пламенем, получается налет ZnO , близкий к цвету пробы: желтый в горячем состоянии и белый—в холодном. Если налет ZnO смочить каплей азотнокислого кобальта и прокалить, то он становится изумрудно-зеленым (Ринманова зелень).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа освещает весь ход анализа шлихов, применяемого в Шлиховой лаборатории ЦНИГРИ. В начале работы дана схема анализа шлиха. Анализ шлиха разбивается на 2 части: механическое разделение шлиха на фракции, различные по минералогическому составу, и его минералогический анализ. Механическое разделение шлиха на фракции, различные по минералогическому составу, вызвано тем, что в состав шлихов входит довольно большое разнообразие минералов. В преобладающем количестве шлихи обычно состоят из черных и темноокрашенных минералов, которые делают незаметным присутствие светлоокрашенных минералов; кроме того, многие минералы в мелких окатанных зернах и неправильных осколках бывают очень похожи по и

внешнему виду друг на друга. При таких условиях трудно вести анализ шлиха в его общей массе. Поэтому для быстрого и более точного ведения минералогического анализа шлик предварительно делят на фракции, различные по минералогическому составу. Разделение шлик на несколько фракций основано, главным образом, на следующих свойствах минералов: размерах зерен, магнитных свойствах и удельных весах. В главе „Механическое разделение шлиха на фракции“ подробно описаны все операции процесса разделения шлиха: разделение шлиха по крупности зерна стандартными ситами, выделение средней пробы от всего шлиха или фракции, магнитная сепарация, электромагнитная сепарация, разделение тяжелыми жидкостями и взвешивание отдельных фракций.

Разделение шлиха стандартными ситами применяется в том случае, если материал неравномерно зернистый. Для получения при разделении шлиха магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями чистых фракций, т. е. незасоренных минералами других фракций, нужно иметь однородный по крупности зерен материал. Разделение ситами ведется еще в целях определения в шлихе процентных соотношений минералов для различной крупности зерна.

В том случае, если вес всей шлиховой пробы или фракций, полученных после ситового разделения, большой — выше 15 гр., — берется от них средняя проба. Средняя шлиховая проба должна иметь аналогичный состав и процентное отношение минералов той пробы, от которой она взята. Вес средней пробы шлиха берется различный, в зависимости от минералогического состава. Если шлик богат минералами, которые притягиваются магнитом и электромагнитом, то средняя шлиховая проба берется весом не менее 10 гр. Если же преобладают минералы светлоокрашенные, то средняя шлиховая проба берется весом до 5 гр. Взятие средней шлиховой пробы ведется обычным способом квартования; манипуляции взятия ее в работе подробно описаны. Затем приводится описание приемов магнитной и электромагнитной сепарации. При магнитной сепарации получается магнитная фракция и немагнитный остаток, который в дальнейшем подвергается электромагнитной сепарации. При электромагнитной сепарации получается несколько электромагнитных фракций (в зависимости от магнитных свойств минералов, входящих в состав шлиха) и одна немагнитная фракция. Немагнитную фракцию делят тяжелыми жидкостями на минералы с различными удельными весами. В шлиховой лаборатории ЦНИГРИ применяют для разделения главным образом бромформ. При разделении бромформом получают 2 фракции: легкую фракцию с удельным весом ниже 2,9 и тяжелую (немагнитную) с удельным весом выше 2,9. Механизм разделения шлиха бромформом подробно описан в работе.

В главе „Минералогический анализ шлиха“ приведены все способы, применяемые при определении минералов: просмотр под бинокулярной лупой, оптическая и химическая проверка минералов, спектральный анализ, рентгенометрия, гониометрия

и радиомергия. Затем дана характеристика минералов отдельно для каждой фракции: магнитной, электромагнитной, немагнитной тяжелой и легкой (полученной после разделения бромформом).

В характеристике отмечены их отличительные особенности и подход к их определению отдельно к каждому минералу. В особых главах выделены микрохимические и простейшие качественные химические реакции, употребляемые при минералогическом анализе шлиха.

В данной работе особое внимание обращено на моменты, играющие основную роль при анализе шлиха: во-первых, на определение под бинокулярной лупой различных физических свойств, характерных для отдельных минералов из аллювия; во вторых, на определение минералов, встречающихся обычно в виде мелких зерен и в небольших количествах, при помощи простейших качественных химических реакций и микрохимического анализа; в-третьих, на характерные особенности каждого минерала, отличающие его от сходных минералов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беренс Г. и Клей П. Д., Микрохимический анализ, ч. I, перев. с нем., Н.-хим.-техн. изд. Н.-техн. упр. ВСНХ, Л., 1928.
2. Вернадский В. И., Минералогия, 1909.
3. Воронова Е. А. и Зеeman Т. В., О методике исследования шлихов, Изв. Всес. геол.-разв. объедин., 64, 1931.
4. Зильберминц В. А., Руководство и таблицы для определения минералов при помощи паяльной трубки.
5. Каген Э. и Уоттон В. О., Минералогия редких элементов, перев. с англ. Гос. Н.-техн. горно-геол. нефт. изд., Новосибирск, 1933.
6. Ларсен Е., Таблицы светопреломления минералов, извлечение из E. Larsen. The Microscopic Determination of the попорaque Minerals, Гос. Н.-техн. геол.-разв. изд., М.—Л., 1933.
7. Лебедев Г., Учебник минералогии, СПб., 1907.
8. Лодочников В. Н., Главнейшие породообразующие минералы, Георазведиздат, 1933.
9. Лучицкий В. А., Петрография, т. I и II, Гос. Н.-техн. горно-геол. изд. 1932.
10. Мильнер Г. Б., Петрография осадочных пород, перев. с англ. Горно-нефт. изд., 1934.
11. Мильнер и Рейнборн, Поиски и разведка аллювиальных месторождений, перев. с англ. Гос. Н.-техн. горно-геол. нефт. изд., Новосибирск, 1933.
12. Мур Р., Химический анализ редких технических металлов, перев. с нем., Гос. Н.-техн. изд., Лед.-хим. сект., Л., 1931.
13. Нечаев В. А., Минералогия, Гос. Н.-техн. изд.
14. Попов Борис, Оптический определитель минералов горных пород, Пгр., 1916.
15. Разумовский Н. К., Определение минералов по наружному виду и при помощи паяльной трубки, Горно-нефт. изд., 1933.
16. Рабочая книга по минералогии, ч. I, Горн. изд., 1932 и ч. II, Георазведиздат, 1932.
17. Танатар И. И., Определитель минералов под микроскопом, Гос. Н.-техн. изд. Украины, 1935.
18. Шеллер и Поуэль, Анализ минералов и руд, Н.-хим.-техн. изд. Н.-техн. упр. ВСНХ, Л., 1928.
19. Шубников О. Н. и Юферов Д. В., Справочник по новым минералам 1922—1932 г. Горно-нефт. изд., 1934.
20. Эмих Ф., Микрохимический анализ, Н.-хим.-техн. изд., Н.-техн.отд. ВСНХ,

СПИСОК ОБОРУДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ПРИ ШЛИХОВОМ
АНАЛИЗЕ

1. Микроскоп.
 2. Бинокулярная лупа.
 3. Магнит.
 4. Электромагнит.
 5. Воронки для разделения тяжелыми жидкостями.
 6. Технические весы,
 7. Аптекарские весы.
 8. Набор стандартных сит.
 9. Акварельные кисти различных номеров (от 1 до 15).
 10. Пинцеты.
 11. Стальные иголки, насаженные на стержень.
 12. Набор паяльных трубок с реактивами для простейших химических реакций.
 13. Ступка Абиха.
 14. Агатовая ступка.
 15. Химическая посуда: стаканчики, часовые стекла, тигли, фарфоровые чашки, стеклянные трубочки и палочки, предметные стекла, покровные стекла и пр.
 16. Микрофильтр.
 17. Платиновая посуда: тигли, ложечки и проволока.
 18. Спиртовки.
 19. Приборы для нагревания и сушки (электрические печки и др.).
 20. Набор иммерсионных жидкостей с различными показателями преломления (1 444—1786).
 21. Сплавы (1820—2352).
 22. Тяжелые жидкости: бромформ и др.
 23. Химические реактивы для микрохимии (см. Беренс и Клей „Микрохимический анализ“).
 24. Скала твердости по Моосу.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

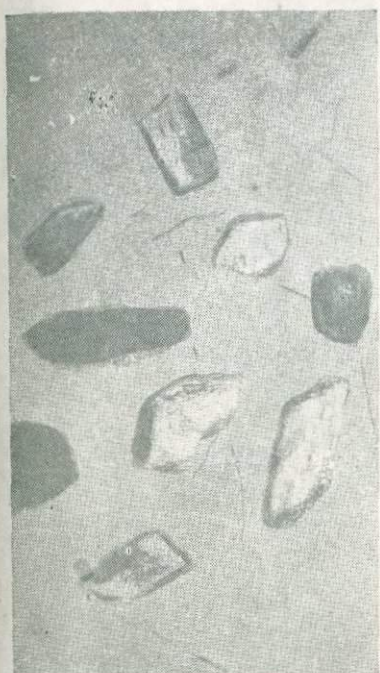
	Стр.
От редакции	3
Введение	5
Глава I. Механическое разделение шлиха на фракции	9
Глава II. Минералогический анализ шлиха	15
Глава III. Характеристика минералов, входящих в магнитную фракцию	17
Глава IV. Характеристика минералов, входящих в электромагнитную фракцию	20
Глава V. Характеристика минералов, входящих в немагнитную тяжелую фракцию	32
Глава VI. Характеристика минералов, входящих в легкую фракцию после разделения шлиха бромформом	51
Глава VII. Микрохимические реакции	52
Глава VIII. Простейшие химические реакции	58
Заключение	64
Литература	66



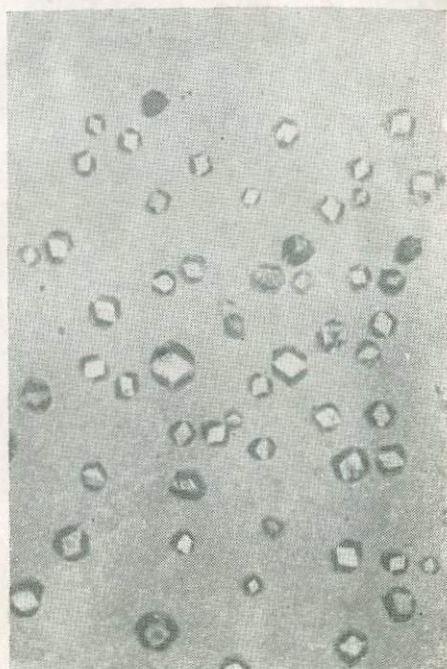
Ответственный редактор *Д. В. Никитин* Технический редактор *Е. А. Максимова*
 Корректор *В. Островский*

Сдано в набор 17/1 1937 г. Подписано к печати 2/IV 1937 г.
 Формат 62×94¹/₁₆ Бум. листов 2¹/₈+3 таб. Тип. зн. в 1 бум. л. 104040
 Ленгорлит № 1397 Тираж 800 экз. Уч.-авт. л. 4,56 Заказ № 288

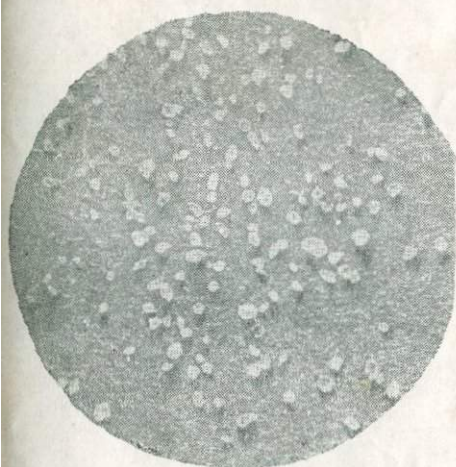
Ленпромпечатьсоюз, тип. арт. „Печатня“, Ленинград, Прачечный пер., 6.



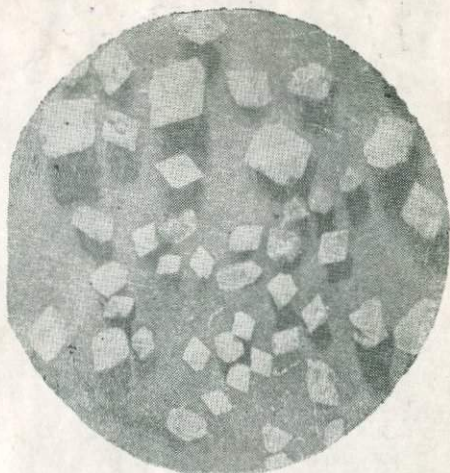
Фиг. 1. Вольфрамит из россыпи ($\times 4$).



Фиг. 2. Гранат из россыпи ($\times 4$).



Фиг. 3. Монацит из россыпи ($\times 4$).

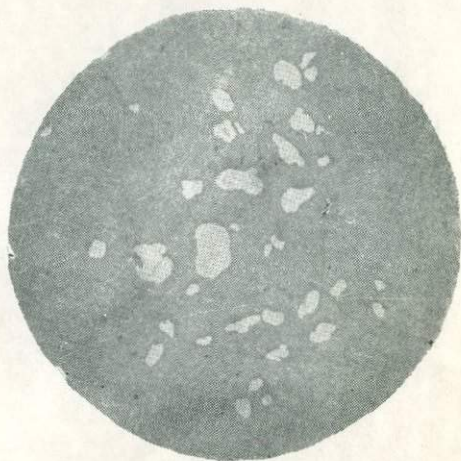


Фиг. 4. Арсенопирит из россыпи ($\times 4$).

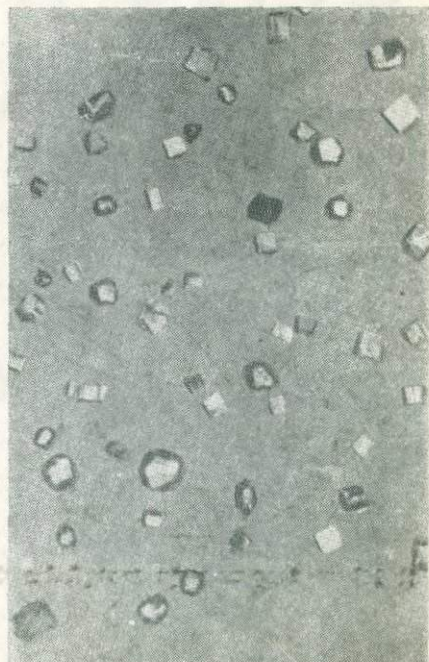
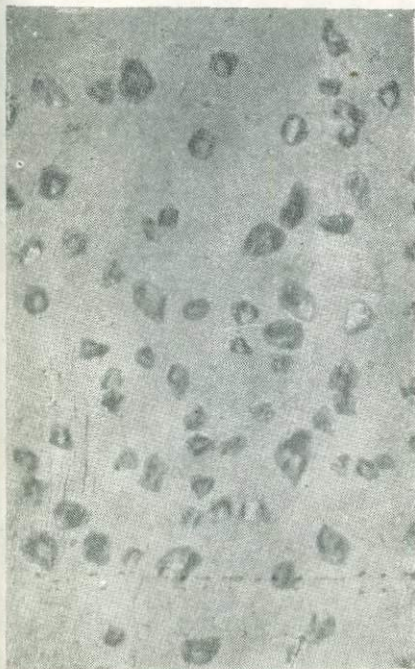
БИБЛИОТЕКА
Геологического Ин-та
Арх. Фил. Ал. Наум. СССР



Фиг. 1. Базовисмутит из россыпи (× 4).



Фиг. 2. Золото из россыпи (× 4).





(4 X)

... ..

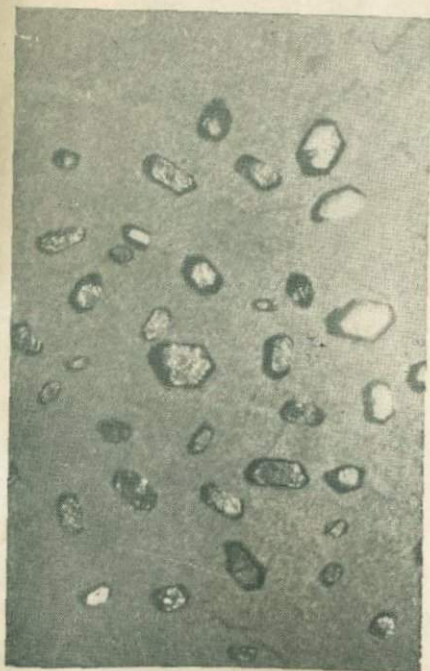
БИБЛИОТЕНА
Геологического Ин-та
Арт. Фил. Наук СССР



Фиг. 1. Рутил из россыпи ($\times 4$).



Фиг. 2. Сфен из россыпи ($\times 4$).



БИБЛИОТЕКА
Геологического Ин-та
Арм. Фил. Акад. Наук СССР

Замеченные опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По вине
24	13 и 14 снизу	блеском (см. табл. 1, фиг. 3), иногда	блеском, иногда	автора
26	10 сверху	„Микроскопические реакции“	„Микрохимические реакции“	автора и ред.
29	14 сверху	(100), (010), (110),	(100), (010),	автора
49	27 сверху	на P1	на P \bar{b}	корректора
50	8 снизу	на Sp	на w	авт. и ред.

125

