

# КОЛЛЕКЦИОННО- РАЗВАННЕ МИНЕРАЛОВ

Б.З. КАНТОР



Б. З. КАНТОР

# КОЛЛЕКЦИОНИ- РОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ



МОСКВА · НЕДРА · 1982

3776



ББК 26.303

552

УДК 549:069.5.51

**Кантор Б. З.**

**К-19 Коллекционирование минералов. М. Недра, 1982.  
173 с., 74 ил.**

В общедоступной форме даны практические рекомендации по составлению минералогических коллекций. Описаны методы поисков и сбора коллекционного материала, приемы самостоятельного определения минералов, техника обработки и препарирования образцов. Уделено внимание принципам коллекционирования и хранению коллекций. Освещены важнейшие этапы истории коллекционирования, показана роль отечественных коллекционеров в создании и пополнении музейных фондов.

Для широкого круга читателей, интересующихся минералами. Может быть полезна и специалистам-геологам, занимающимся сбором коллекционного материала.

К 1904020000—124 75—82  
043(01)—82

**ББК 26.303**  
552

Рецензент *В. И. Степанов* (ИМГРЭ)

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Красивые минералы... Какие они? Человеку, далекому от минералогии, непременно представятся изысканные окраски и благородная игра ограненных драгоценных камней — тысячелетний источник легенд и вдохновения поэтов. Но вот новичок впервые переступает порог минералогического музея... и тут уж восторгам и изумлению нет конца. В своем натуральном виде самоцветы выглядят не так пышно, зато с этими избранниками судьбы вполне успешно соперничают разные другие минералы. Вот над хаотическим нагромождением кристаллов серы, подчеркивая и одновременно как бы уравновешивая их сверкающую яркую желтизну, поднялись нежно-голубые столбики целестина; вот блестящие кубики галенита — главного источника свинца, руда и сама напоминает свинец, еще не успевший потускнеть. Рядом — замысловатый переплет стройных призмочек, и возникает впечатление тонкой работы, для которой искусный мастер выбрал материалом нержавеющей сталь, но нет, это природный минерал антимонит — сурьмяная руда. Здесь сверкают кристаллы пирита, их можно принять за полированную латунь, и снова трудно поверить, что это «так и было». А этот камень привлекает внимание разве что несколько курьезным сходством с картофелиной; но его, оказывается, надо разрезать и отполировать — откроется изящный и четкий рисунок агата. Каждый камень красив по-своему, каждый, как музыкальный аккорд, создает свое настроение.

Редко кто устоит перед соблазном собирать такие же минералы, а правильнее будет сказать, *образцы* минералов — нарядные, празднично-эффектные. Пройдет время, и некогда начинающий коллекционер постигнет простую, в сущности, истину, что красота — универсальный закон природы, познание которой дарит огромную радость. И неизмеримо раздвинутся для него границы прекрасного, когда он научится понимать то, чего прежде не замечал.

Не следует думать, что красивые камни окружают нас на каждом шагу и буквально лежат под ногами — как часто говорят и пишут про «обычные» минералы. Приходится согласиться с В. Солоухиным, что «жизнь собирателя состоит из огромных радостей и огромных

разочарований». Хорошие коллекционные образцы — результат опыта и конечно же, удачи, и всегда достаются с трудом. Мы расскажем о том, как собирать и хранить минералогическую коллекцию. Для этого нужно любить камень, иметь склонность к странствиям, овладеть многими практическими навыками. Нужно, конечно, иметь представление и о том, как «устроены» минералы, каковы их свойства, как они появляются на свет и что происходит с ними дальше. Тут наша книжка ни в коем случае не заменит даже краткого учебника минералогии и тем более справочника; наша цель — лишь помочь начинающему любителю втянуться в работу с серьезной минералогической литературой, иначе собирать минералы просто неинтересно.

Автор выражает глубокую признательность В. И. Степанову, Т. Б. Здорик, Л. В. Булгаку, И. Г. Павловской за ценные сведения, советы и замечания, Д. А. Луговьеру, выполнившему фотографии минералов, художнику Ю. А. Ноздрину и всем, кто принял дружеское участие в судьбе этой книги.

Красота есть проявление тайных законов природы, которые без ее явления оставались бы для нас навсегда скрытыми.

*И.В. Тетя*

**ВМЕСТО  
ВСТУПЛЕНИЯ:**

## **КОЛЛЕКЦИОНЕРЫ И КОЛЛЕКЦИИ**



Испокон веку человечество имеет дело с камнем: строит из него дома, изготавливает различные предметы, выплавляет металлы. Но интерес к камню никогда не был только утилитарным; с глубокой древности люди замечали и его красоту. А чувством красивого человек наделен недаром: оно открывает дорогу жизненно необходимому человечеству познанию, способности подмечать в природе целесообразность и совершенство, брать ее в пример, творить и наслаждаться творчеством. Тысячелетия живет в человеке это могучее чувство...

Интерес к камню естественным образом возник раньше там, где он был более доступен и разнообразен — в стра-

нах Древнего Востока, Египте, Греции, Риме. Среди массы природных каменных материалов изредка попадалось нечто такое, что резко выделялось сочными неблекнущими красками, прозрачностью, твердостью и полным безразличием к времени и силам природы, перед которыми сам древний человек чувствовал себя столь беспомощным. И его наивная фантазия не замедлила отметить эти красивые находки суеверной исключительностью. Такие камни хранили как драгоценных носителей какой-нибудь магической силы; красота камня приобретала особый смысл, в полной мере уже вряд ли доступный воображению современного человека.

Шло время, люди обращали внимание на все большее число минералов, старались найти им применение, объяснить их происхождение и свойства.

Едва ли когда-нибудь удастся назвать имя первого собирателя минералов в нашем нынешнем понимании. Скорее всего это был один из ученых-натуралистов эпохи Плиния Старшего (23—79 гг.); почувствовав вкус к дотошным наблюдениям над явлениями природы, они решительно перенесли на них свое внимание, оторвавшись от многовековой традиции умозрительности. Как выглядела его коллекция? Об этом можно лишь фантазировать; но несомненно одно: интересы и вкусы этого собирателя были бы нам близки. Как и теперь, красивый камень тысячелетия назад заставлял остановиться и взглянуть на него внимательнее...

Однако наши конкретные сведения о коллекционерах минералов датируются не раньше, чем итальянским Возрождением. А в XVII—XVIII столетиях такие горнопромышленные страны, как Саксония, Швеция, Чехия, Италия, уже насчитывали многочисленных любителей минералов среди тех ученых и инженеров, усилиями которых закладывались основы горной науки. Интерес к минералам быстро распространялся среди образованных представителей имущих классов. Крупнейшие минералогические музеи Европы возникли во второй половине XVIII в. на фоне сложившихся традиций коллекционирования и во многом благодаря им.

Россия появлением своих первых коллекционеров обязана любознательности и кипучей энергии Петра I, затеявшего неслыханную ломку политических и экономических устоев русской жизни. Быстро набравшее силу

Российское государство испытывало острую потребность в полезных ископаемых. Новая столица на Неве строилась уже с широким применением таких материалов, как гранит и мрамор, которые не назовешь традиционными для старинного русского зодчества. На Урале и в Сибири быстрыми темпами открывались месторождения руд и самоцветов, которые, по выражению А. Е. Ферсмана, «совершенно изменили представления о русском камне». «Горная свобода», объявленная указом 1719 г., привлекла к поискам минералов и руд представителей различных сословий. Петр сам проявлял интерес к минералам и поощрял его в своих сподвижниках. Личная его коллекция состояла из приобретенного за границей небольшого собрания изделий из камня; вместе с другими своими коллекциями Петр передал ее в организованный им первый государственный музей — Кунсткамеру, опередившую по времени своего основания большинство национальных музеев Европы. В 1716 г. к этой первой коллекции было присоединено купленное в Германии собрание М. Готтвальда из 1195 образцов.

С укреплением экономических позиций дворянства в России возникают так называемые дворцовые музеи — собрания произведений искусства, предметов старины и всевозможных «раритетов». Некоторые из них включали и коллекции минералов. Одна из крупных коллекций, систематизированная академиком П. С. Палласом (1741—1811), находилась в петербургском Эрмитаже. Коллекционирование камня, как и минералогические знания, было в моде. Минералогия занимала престижное положение одной из «главных» естественных наук; в России и за рубежом ею увлекались многие именитые аристократы, и коллекционерские интересы нередко теснейшим образом переплетались с интересами научными. Рост горной промышленности усилил потребность в квалифицированных кадрах, и со времен Петра I одаренных русских студентов посылали для обучения в Германию и Швецию — тогдашние мировые центры минералогической науки и горного дела. Возникавшие научные связи крепили и расширялись; в России постепенно складывалась собственная минералогическая школа, а в 1817 г. образовано первое в нашей стране (ныне Всесоюзное) Минералогическое общество. Европейские коллекционеры, заинтересованные в минералах из месторождений Рос-

сии, охотно поддерживали связи с русскими любителями камня. Так, знаменитый поэт и натуралист И. В. Гете (1749—1832), коллекция которого насчитывала до 18 тысяч образцов, переписывался с русскими аристократами и «прекрасными специалистами минералогии» (по характеристике В. И. Вернадского) В. А. Голицыным, А. Г. Строгановым, А. К. Разумовским, Г. Х. Струве и др.

После Отечественной войны 1812 г., когда в русском обществе заметно усилились патриотические настроения, все большим влиянием стали пользоваться коллекционеры, видевшие свою цель в создании музейных собраний национального значения. Таким был известный общественный деятель Н. П. Румянцев, основавший одну из крупнейших в России библиотек и музеев, в Минералогическом кабинете которого хранилось свыше 11 тысяч экспонатов из России, Западной Европы и других частей света. Музей Румянцева был открыт для исследователей, а в 1827 г. передан в дар отечеству. В Русском музее П. Свиньина, существовавшем в 1814—1834 гг., наряду с произведениями изобразительного искусства, отечественными камнями, изделиями из малахита, яшмы, гранита была представлена и коллекция минералов России. С предложением о создании национального музея минералов и изделий промышленности выступил в 1829 г. президент Московского общества сельского хозяйства, московский военный генерал-губернатор Д. В. Голицын.

С середины XIX в. и особенно после отмены крепостного права в 1861 г. происходит заметная демократизация коллекционерского дела. Дворцовое коллекционирование постепенно приходит в упадок; под влиянием роста промышленности и торговли, бурного развития естественных наук стремление к собирательству все более охватывает средние сословия и представителей разночинной интеллигенции, игравшей выдающуюся роль в культурной и общественной жизни. На смену универсальным собраниям приходят специализированные коллекции, объектами которых все чаще становятся предметы отечественного происхождения; растет осознание коллекционерами патриотического значения своей деятельности, стремление к «раскрепощению» коллекций, превращению их в национальное достояние.

Огромное число русских и зарубежных коллекций создавалось в основном попутной добычей минералов на

горнорудных предприятиях. Тогдашняя малопроизводительная технология, основанная преимущественно на ручном труде и ограниченном использовании взрывчатых веществ, способствовала сохранению коллекционного материала. К середине прошлого века в России сложился и специализированный промысел по добыче коллекционного и ювелирного камня. Он был сосредоточен главным образом на небольших коях Урала и Забайкалья, где возникали целые династии потомственных «горщиков». А. Е. Ферсман, лично знавший многих из таких «фанатиков камня», вспоминал: «Эти местные любители-«горщики»... сыграли огромную роль при поисках месторождений... Нередко у них приходилось видеть поразительную наблюдательность и знание природы при полном отсутствии научных или теоретических знаний». В отдельных случаях на заготовке образцов специализировались и крупные по тем временам предприятия. Знаменитая Ахматовская копь (Южный Урал) первоначально предназначалась для добычи железной руды. Запасы ее вскоре истощились, но копь, оказавшаяся необычайно богатой разнообразными минералами, продолжала разрабатываться как «минеральная» и еще долго давала прекрасные штуфы с гранатом, везувианом, перовскитом и другими минералами, разошедшиеся по коллекциям и музеям всего мира.

В середине прошлого века в России появились первые одиночки-краеведы, а после реформы 1861 г. под влиянием экономических потребностей разворачивается организация музеев местного края. Организаторы широко привлекали к сбору коллекций местное население. Часть материала поступала от горнопромышленников и государственных горных управлений. В Сибири и на Урале большую краеведческую работу вели политические ссыльные, среди которых было немало специалистов и ученых.

В целом коллекционерам дореволюционной эпохи принадлежит заметное место в истории отечественной культуры и науки. Неоценима их роль в развитии наших музеев, в прошлом далеко не всегда располагавших собственными средствами. С судьбой многих частных коллекций связана история нашего главного национального хранилища минералов — Минералогического музея АН СССР им. А. Е. Ферсмана, ведущего свое начало от Минерального кабинета Кунсткамеры Петра I. В 1747 г.

большинство экспонатов было уничтожено пожаром, но уже к 1760 г. благодаря энергичным усилиям М. В. Ломоносова и других ученых в музее снова было 5000 образцов. К 30-м годам XIX в. объем собрания возрос до 20 тысяч — в значительной степени за счет пополнения частными коллекциями. В разное время сюда передали свои личные собрания возглавлявшие музей В. М. Севергин, В. И. Вернадский, А. П. Карпинский, В. И. Крыжановский и другие видные ученые. В 1907—1917 гг. музей принял крупные коллекции горного инженера В. И. Редикорцева, собравшего материалы по Южному Уралу; ссыльного участника польского восстания К. А. Шишковского, также работавшего на Урале (в его честь назван шишковскит — бесцветная разновидность гроссуляра); горного инженера И. Н. Крыжановского; прекрасное собрание П. А. Кочубея, возникшее еще в эпоху дворцовых музеев. В 20-е годы в музей были переданы старинная коллекция Строгановых, личные собрания минералогов Д. Юферова, М. А. Толстопятова, Л. И. Крыжановского, горных инженеров Норпе и Иосса, бывшего уральского заводчика И. И. Балашева и др. Обильные материалы дали многочисленные экспедиции 20—30-х годов. Рост коллекций происходил столь быстро, что для переезда музея в 1934 г. из Ленинграда в Москву потребовалось 47 железнодорожных вагонов. Пополнение музея личными вкладами продолжается по сей день; в его картотеках значится уже не менее 5000 лиц, передавших сюда свои образцы, иногда в значительных количествах (до 3500). Ныне фонды и экспозиции музея насчитывают около 130 тысяч образцов.

В создании других выдающихся минералогических собраний мира частным коллекциям также принадлежит выдающаяся роль. Так, собрание Британского музея естественной истории (180 тысяч образцов минералов) было основано в 1753 г. решением английского парламента на базе лучшей для своего времени коллекции, принадлежавшей лейб-медику Слоуну, и в дальнейшем включило коллекции Гатчета (7000 образцов), Ф. Гревилла (14 800 образцов), Ф. Ашкрофта (ценные собрания цеолитов), А. Рассела (14 000 образцов) и др. Начало крупнейшему во Франции музею Высшего горного училища в Париже было положено во время Великой Французской революции конфискацией нескольких коллекций роялистов (в частно-

сти, коллекции знаменитого химика А. Лавуазье). Со временем в этом музее, ныне насчитывающем 65 тысяч образцов минералов, оказались превосходные собрания Дедрэ, Адама, Делессера, Бертрана и др.

Отдавая должное патриотическому вкладу коллекционеров, их энтузиазму, любознательности и вкусу, не следует забывать и о тех людях, чьим трудом добывались минералы. Они знали и понимали камень, и хотя собственные коллекции были им не по карману, именно их слово часто решало судьбу будущего экспоната — этим определялась их активная роль и личное участие в коллекционерском творчестве.

Подчеркивая лучшие традиции коллекционеров, академик В. И. Вернадский в 1945 г. писал: «История русских минералогов-любителей XVIII—XIX вв. до сих пор не написана. Среди них были замечательные люди, были сановники и богачи, искатели камней — крестьяне, горные служащие и разночинцы. Ими открыты многие новые минералы, благодаря им сохранены драгоценные и важные тела природы, без них не могли бы составиться наши большие государственные коллекции... К сожалению, сейчас эта огромная и важная научная работа любителей почти замерла в нашей стране. Ее надо всемерно развивать».

\* \* \*

Советская власть с первых своих шагов привлекает внимание широкой общественности к изучению минеральных богатств страны. Лозунг «Борьба за недра!» близок и понятен каждому. Организуется множество кружков по изучению полезных ископаемых, проводятся массовые геологические походы, создается прекрасная научно-популярная литература. В центре этой деятельности — наши крупнейшие ученые — А. Е. Ферсман, В. И. Вернадский, А. К. Болдырев, Н. М. Федоровский и другие.

После Великой Отечественной войны, по мере того, как залечивались нанесенные ею раны, любительство и коллекционирование возрождались вновь, а примерно с середины 60-х годов приняли поистине массовый характер. Ныне коллективные и персональные выставки коллекционеров становятся заметными событиями культурной жизни. Во многих городах и поселках работают

самодеятельные кружки и клубы, любителям читаются лекции, организуются полевые экскурсии.

Коллекционер не обходится без зрителя, и содержание коллекции неизбежно отражает общественные настроения и вкусы. Ныне любитель стал больше обращать внимания на внешность минералов, коллекции стали более «эстетичными». Нельзя не видеть в этом отражение общественного идеала бережного отношения к природе, усиления интереса науки к формам минералов, к закономерностям их строения и образования.

Среди сегодняшних коллекционеров — рабочие-горняки и геологи, инженеры и ученые, деятели литературы и искусства, представители множества других профессий. Большинство любителей имеют стаж коллекционирования 10—15 лет. Ими накоплен огромный опыт, сохранен от гибели и распыления ценнейший материал. Собирательство стало широко распространенным видом творческой самодеятельности, тесно связанным с культурными и хозяйственными задачами.

Писатель И. Андроников как-то заметил: «Когда мы говорим о коллекционерах, то не должны забывать, что коллекционер — это первая ячейка музея, коллекционеры — актив музея... В большинстве случаев работа отдельных коллекционеров вливается потом в общую сокровищницу культуры».

\* \* \*

...Стало уже привычным говорить: «старые минералы Европы», «старинные русские минералы». Да, эти вечные произведения природы в быстротекущей истории человечества, в *культуре* камня могут быть обречены на короткий век. Давно оставлены попытки пополнить музейные коллекции розовых топазов, когда-то прославивших уральскую речку Санарку. Лишь в старинных собраниях можно сегодня увидеть чудесные бархатистые малахиты Гумешек; давно уже перестал существовать и сам некогда знаменитый рудник. Энергичная деятельность человека все быстрее изменяет лик Земли, и вот уже на наших глазах становятся редкостями халцедоны Подмосковья, скаполиты Слюдянки, прекрасные азуриты, элиты и атакамиты Джекказгана... Осваиваются новые месторождения, и каждый день приносит новые сюр-

призы. Но то, что поражает нас в недрах Земли сегодня, завтра может неповторимо исчезнуть, превратившись в тысячи полезных и нужных вещей или затерявшись в безвестных отвалах. Таков непреложный факт. И нет для коллекционеров более благородной задачи, чем сохранить пока еще доступные нам «драгоценные и важные тела природы». В них — частица нашей истории, наши знания и труд, любовь к камню.



Что именно собирать?

Ответить на этот простой вопрос вовсе не просто. Колоссальное разнообразие минералов дает необычайный простор для личных вкусов. И одновременно ставит перед необходимостью выбора — зачастую нелегкого. А где неизбежен выбор, там требуются критерий и способ оценки.

Работа собирателя — это активный направленный поиск плюс компетентная и вдумчивая оценка всего, что попадает на глаза в «поле» или, скажем, в дублетных фондах знакомых коллекционеров. Собиратель всегда должен знать, чего он хочет, не прощая себе промахов

из-за невнимательности и непонимания. Следовательно, надо хорошо знать предмет собирательства — минералы. Знание минералов, умение аккуратно «взять» образец в забое или обнажении и, конечно, известная доля удачи — вот те «три кита» коллекционера, на которых зиждется все здание его успеха.

Самообразование — не этап, а столь же постоянное занятие коллекционера, как сбор и обработка минералов. Справочник и хороший учебник минералогии всегда должны быть под рукой. Лучшие наглядные пособия — аккуратно систематизированная собственная коллекция, минералы в «поле», в музеях и на выставках. Напутствием же пусть будут слова выдающегося минералога А. Е. Ферсмана: «Толково собирает минералы только тот, кто хорошо знает минералогию и вдумчиво относится к природе».

## НАУКА О МИНЕРАЛАХ

**Минералы и минералогия.** Постоянно применяя каменные материалы, люди с древних времен ценили и накапливали и сведения о них. Однако до поры до времени примитивные представления не давали даже возможности выделять минералы среди всех неорганических тел; и к тому же человечество пока еще обходилось чисто практическими приемами разведки, добычи и использования немногочисленных известных ему видов полезных ископаемых. Потребность в специальной науке возникла лишь в связи с быстрым увеличением добычи ископаемого сырья в эпоху формирования капиталистического способа производства.

Термин «минералогия», введенный в 1636 г. итальянским ученым Б. Цезием, происходит от латинского «минера» — руда. Как видим, в названии науки непосредственно отразилась ее связь с потребностями практики.

На первых порах примитивный уровень естествознания еще не позволял заглянуть «внутрь» минералов, и минералогия ограничивалась насущной задачей накопления и уточнения данных об их внешних признаках, о доступных изучению физических свойствах, об условиях нахождения в природе. В XVIII столетии в минералогии вторгаются идеи бурно развивающейся химии, быстро растет интерес к минералам как природным химическим

веществам. Открытие и описание минералов шло своим чередом, но стало теперь сопровождаться их химическими исследованиями. Как наука, минералогия тем самым поднялась на более высокую ступень. Новый подход больше соответствовал потребностям практики, заинтересованной в металлах, солях и других продуктах переработки минерального сырья. Основоположником химического направления стала шведская минералогическая школа: И. Г. Валлерий (1709—1785), А. Ф. Кронстедт (1722—1768), Т. О. Бергман (1735—1784) и др. Почетное место принадлежит трудам выдающихся отечественных ученых — М. В. Ломоносова (1711—1765), В. М. Севергина (1765—1826), Э. Г. Лаксмана (1737—1796), Т. Е. Ловица (1757—1804), Г. И. Гесса (1802—1850) и других.

В то же время отнюдь не был утрачен интерес и к физическим свойствам минералов. Прославленный натуралист К. Линней (1707—1778) так охарактеризовал ситуацию: «Минералогии вынуждены вступить на путь химии, чтобы обслужить металлургию, а отсюда они старались подняться на путь физики». Особенное внимание привлекали кристаллы минералов. Предвосхищая современные представления, зародилась догадка о том, что форма кристаллов минералов связана с их составом; в разных вариантах эта мысль высказывалась уже и М. В. Ломоносовым, и К. Линнеем.

Во второй половине XIX в. русские минералогии Н. И. Кокшаров (1818—1892) и П. В. Еремеев (1830—1899), а впоследствии немецкий кристаллограф В. Гольдшмидт (1853—1933) обогатили науку обширными описаниями кристаллов минералов. Велись широкие исследования механических и оптических свойств кристаллов.

В 10-е годы нашего столетия трудами Е. С. Федорова (1853—1919) и П. Грота (1843—1927) были заложены теоретические основы кристаллохимии — учения о закономерностях строения кристаллических тел и его связи с химической природой кристаллов. Открытие в 1912 г. дифракции рентгеновских лучей в кристаллах положило начало экспериментальным исследованиям кристаллических структур.

К 20-м годам минералогия оказалась уже достаточно подготовленной к переходу на современное кристаллохимическое направление. Переход стимулировался и определенным сдвигом в потребностях техники: ее все больше

стали интересовать непосредственно сами минералы — слюды, асбесты, алмаз, исландский шпат и многие другие. Новые запросы потребовали углубленного изучения кристаллов минералов, их внутреннего строения, условий образования.

История минералогии — это история тщательного накопления и осмысливания наблюдений и вместе с тем дерзновенных, порой нетерпеливых и даже фантастических попыток научной мысли вырваться из круга привычных представлений. И очень часто новаторская идея встречала дефицит фактов, на которые она могла бы опереться. Вот почему, по словам В. И. Вернадского, «для натуралиста основной работой является... точное установление и изучение конкретных научных фактов». Вот почему минералог стремится прежде всего наблюдать, и величайшая научная ценность для него — сам минерал, прямое и неоспоримое свидетельство природы.

3776 По мере развития минералогических знаний содержание понятия *минерала* постепенно сужалось: вначале из него были исключены окаменелые остатки животных и растений, затем горные породы, природные жидкости и газы и, наконец, некристаллические, так называемые аморфные вещества (стекла и полимеры). В настоящее время к минералам относят кристаллические продукты геологических процессов, существующие в виде конкретных химических веществ и физических тел. Природа каждого минерала определяется его *конституцией* — индивидуальными и тесно связанными химическим составом и *кристаллической структурой*. Под последней понимается способ упорядоченного размещения, упаковки в пространстве кристалла составляющих его атомов, точнее, ионов — положительных (катионов) и отрицательных (анионов)\*, которым условно приписывают шарообразную форму. Одинаковые ионы располагаются параллельными рядами через равные расстояния (рис. 1) порядка  $10^{-8}$  см, образуя нечто вроде кирпичной кладки.

Однако шарообразная форма и разные размеры кирпичей-ионов озадачили бы любого каменщика. Природа выходит из затруднения следующим образом: здание кристалла она строит из составных кирпичей, так назы-

\* В редких случаях кристаллы минералов построены из целых молекул (например, сера).

Рис. 1. Кристаллическая структура.

Изображенный кристалл состоит из атомов всего двух сортов; структуры минералов бывают и гораздо более сложными

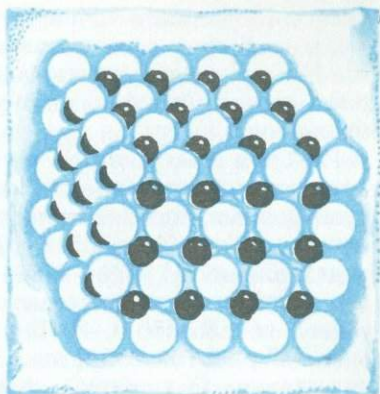
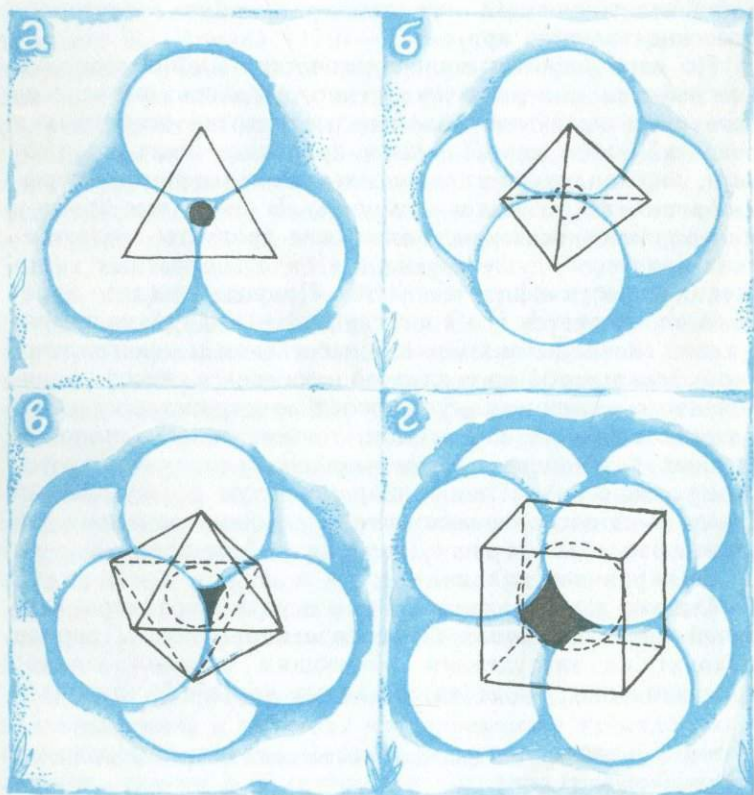


Рис. 2. Координационные полиэдры:

- а — треугольник;
- б — тетраэдр;
- в — октаэдр;
- г — куб

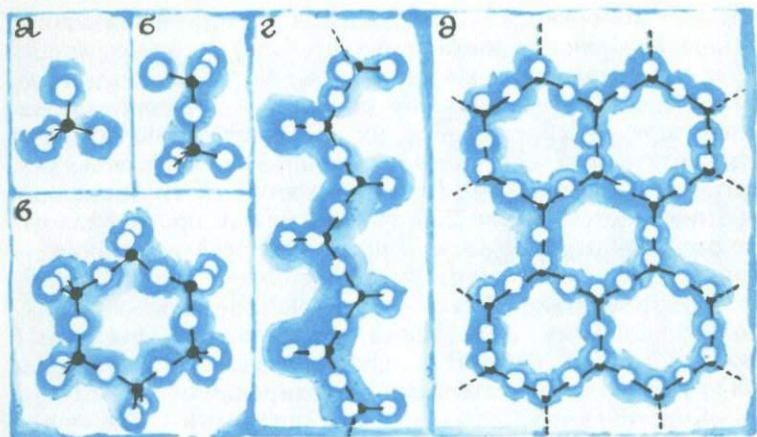


ваемых координационных полиэдров (многогранников). Каждый из них — комбинация нескольких прилегающих друг к другу крупных шаров — анионов, промежутки между которыми занят меньшим шариком — катионом. В зависимости от соотношения их размеров катионы могут разместиться в составленных анионами треугольниках, тетраэдрах, кубах (рис. 2). Прочность такого «кирпича» обеспечивается химической связью между противоположно заряженными ионами, а прочность всей постройки — связями между полиэдрами за счет общих вершин-ионов.

Остов, основная ткань структуры, образованная наиболее прочными полиэдрами, определяет структурный мотив. Так, в силикатах координационные тетраэдры  $\text{SiO}_4^{4-}$  могут располагаться либо изолированно друг от друга — «островами», либо через общие атомы кислорода связываться в кольца, цепи, слои, трехмерные каркасы (рис. 3). Остальное пространство занято менее прочно связанными катионами металлов и другими частицами ( $\text{F}^-$ ,  $\text{OH}$  и др.). Существуют также однородные, так называемые координационные мотивы, в которых межатомные связи везде одинаковы. Координационный мотив свойствен главным образом минералам простого состава.

Связь между структурой и химическим составом обусловлена тем, что химические элементы отличаются друг от друга не только свойствами, но и размерами ионов. Поэтому для разных наборов ионов требуются разные способы упаковки в кристалле. С другой стороны, в одних и тех же промежутках можно разместить химически сходные атомы, до некоторого предела отличающиеся размерами. Отсюда — возможность переменного химического состава минералов при сохранении одной и той же структуры. Это широко распространенное явление носит название *изоморфизма*. В некоторых случаях возможен неограниченный изоморфизм вплоть до полного замещения одного элемента другим. Но иногда из-за разницы в размерах атомов структура в конце концов разрыхляется и атомы комбинируются другим способом, обеспечивающим плотную упаковку. Другая структура, — значит, и другой минерал.

Наглядная иллюстрация изоморфизма — выращивание кристаллов квасцов; эти изящные опыты описаны А. Е. Ферсманом в его «Занимательной минералогии». Бесцветные алюминиевые и фиолетовые хромовые квасцы



имеют одинаковые структуры, допускающие неограниченный изоморфизм между хромом и алюминием. Смешивая их растворы, можно получить кристаллы смешанного состава любых промежуточных оттенков. Примеры природных изоморфных смесей — гранаты, образующие пироп-альмандиновый, гроссуляр-андрадитовый и другие изоморфные ряды.

**Классификация минералов.** По мере открытия новых минералов возникала надобность в их классификации. Принципы классификации неоднократно изменялись, отражая уровень знаний о минералах. Самые древние систематики были основаны на приписываемых камням магических свойствах. Первые классификации минеральных веществ по их полезным качествам принадлежат Теофрасту — греческому философу и натуралисту (372—287 гг. до нашей эры) — и среднеазиатским ученым X—XI вв. Ибн-Сине (Авиценне) и Бируни. В 1758 г. А. Ф. Кронстедт ввел химический принцип классификации, пользовавшийся всеобщим признанием более полутора столетий и уступивший место лишь современной кристаллохимической систематике.

Основа систематики — понятие *минерального вида*, объединяющее минералы одинаковой конституции. Внутри минерального вида по отдельным свойствам выделяют *разновидности*. Например, клейофан и марматит — отличающиеся деталями состава разновидности сфалерита

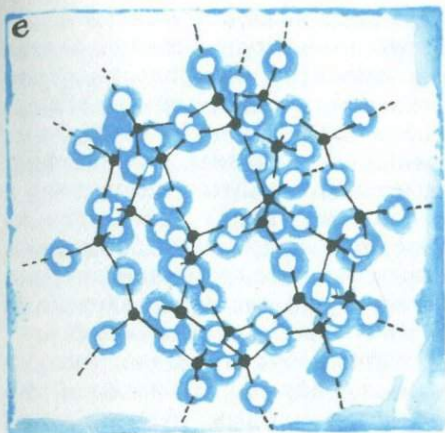


Рис. 3. Структурные мотивы силикатов:

- a, б* — островных;
- в* — кольцевого;
- г* — цепочечного;
- д* — слоевого;
- е* — каркасного.

Черные шарики — атомы кремния, белые — атомы кислорода

(минерального вида), аметист, цитрин, морион — разновидности кварца, отличающиеся окраской. В настоящее время надежно установлено примерно 2500 минеральных видов и ежегодно открывается 20—30 новых. С другой стороны, время от времени выявляется идентичность двух каких-нибудь видов, и один из них исключается из минералогической номенклатуры. Законодателем в номенклатуре минералов является Международная минералогическая ассоциация (ММА) — авторитетный научный орган, основанный решением ученых разных стран в 1958 г. ММА утверждает открытия новых минералов и их названия, приоритет открытий и «дискредитирует» лишние виды.

Названия минералов подчас весьма любопытны. По традиции они даются в честь деятелей науки, по месту первой находки или по каким-либо особенностям минерала, обычно на греческом или латинском языке. В роли таких особенностей в древности нередко выступали мнимые магические свойства (например, аметист — сохраняющий от опьянения). Впрочем, расшифровать старинные названия удастся далеко не всегда. С развитием горного дела и металлургии утвердились названия, заимствованные из лексикона горняков (колчедан, цинковая обманка) или отражавшие практическое использование минерала (плавиковый шпат, игольчатая руда). Отдельные минералы названы в честь государственных деятелей (александрит, канкринит, уваровит), знатоков камня

(кунцит). В прежние времена одинаковые минералы нередко принимали за разные (и не мудрено: приходится сегодня лишь удивляться искусству минералогов, умевших с помощью тогдашних примитивных средств все же в большинстве случаев надежно различать минеральные виды). В результате появлялись синонимы. Так, апофиллит сначала был отнесен к «пластинчатым цеолитам»; в 1800 г. португальский ученый д'Андрада назвал его за перламутровый блеск «ихтиофтальмитом» («рыбий глаз»), а современное название, выражающее свойство минерала при нагревании расщепляться на листочки, введено в 1805 г. выдающимся французским кристаллографом и минералогом Р. Ж. Гаюи. Одно время минералогии увлеклись двойными названиями по образцу линнеевской бинарной номенклатуры растений, и Гаюи обозначил как «мезотип притупленный» минерал, впоследствии оказавшийся апофиллитом, как и открытые до середины XIX в. «альбин» («белый»), «мозаичный рыбий глаз», еще один вариант просто «рыбьего глаза», «лейкоциклит», «оксхаверит» и «ксилохлор» («древесная зелень»). Как видим, не было недостатка и в образных названиях. Особенно повезло в этом кальциту, разнообразие свойств и форм которого было вознаграждено многочисленными синонимами, включая великолепную гамму названий-эпитетов от «собачьего зуба» до «крыльев ангела». Значительная часть имен минералов относится не к видам, а к разновидностям; многие проникли в минералогии из торгово-промышленного и ювелирного обихода (как «хризолит» или «лунный камень»), а такие названия, как «раухтопаз», нельзя расценить иначе, как попытку ввести потребителя в заблуждение.

Накопившееся за многие века обилие названий, намного превышающее численность известных минеральных видов, представляет большой интерес для любителя и историка минералогии, но в научной деятельности становится серьезной помехой. ММА стремится сделать минералогическую номенклатуру четкой и сжатой, оставляя за каждым минералом лишь его единственное научное название. Такой точки зрения придерживаются и многие геммологи (специалисты по ювелирному камню).

Минеральные виды по химическим признакам объединяются в *типы*, которые по характеру анионов делятся на *классы*. Классы в свою очередь делятся по структур-

ным мотивам на *подклассы*. Последние разделяются на *группы*, объединяющие минеральные виды сходной структуры. Таким образом, кристаллохимический принцип классификации выдерживается в низших звеньях — группах и подклассах, а далее уступает место химическому принципу. С другой стороны, химические признаки наследуются от типов следующими уровнями классификации, так что везде оказываются сгруппированными химически родственные минералы. Двойственность систематики — отражение тесной взаимосвязи между химической природой и кристаллической структурой минералов.

*Тип простых веществ* — самородные металлы (медь, золото, серебро и др.) и неметаллы (сера, алмаз, мышьяк и др.). Простые вещества не делятся на классы, так как не содержат анионов.

*Тип сульфидов и сульфосолей* — соединения металлов с серой, сурьмой, мышьяком, теллуrom. Делится на два класса:

1) класс сульфидов и их аналогов: пирит  $\text{FeS}_2$ , киноварь  $\text{HgS}$ , никелин  $\text{NiAs}$ , кобальтин  $\text{CoAsS}$  и др.;

2) класс сульфосолей — минералов, содержащих комплексные анионы с серой и мышьяком, сурьмой или висмутом: энаргит  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ , буланжерит  $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$ , блеклые руды  $\text{Cu}_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$  и др. (запятой отделяются заключенные в круглые скобки символы элементов, находящихся в изоморфных отношениях).

*Тип галогенидов* — соединения металлов с галогенами (фтором, хлором, бромом, иодом). Этот тип делится на два класса:

1) фториды (флюорит  $\text{CaF}_2$ , криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  и др.);

2) хлориды, иодиды и бромиды (галит  $\text{NaCl}$ , карналлит  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , атакамит  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ , бромаргирит  $\text{AgBr}$  и др.).

*Тип окислов* состоит из двух классов:

1) простые (с одинаковыми катионами) и сложные (с разными катионами) окислы: кварц  $\text{SiO}_2$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  и т. д.;

2) гидроокислы, содержащие гидроксил: брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , манганит  $\text{MnO}(\text{OH})$  и др.

*Тип кислородных солей*, т. е. солей кислот, содержащих кислород, наиболее многочислен и состоит из классов карбонатов, сульфатов, фосфатов, силикатов и т. д. Классы делятся на подклассы с островной, цепочечной и други-

ми структурами. Для большей наглядности формул комплексные анионы отделяются квадратными скобками: кальцит  $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ , берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ , гейландит  $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Распространение минералов в земной коре крайне неравномерно: почти вся масса ее состоит всего из нескольких десятков минералов, остальные же встречаются лишь в виде отдельных скоплений или даже рассеянных зерен.

Распространенными можно считать лишь примерно 300 минеральных видов. Около 300 наиболее редких видов известно только в микроскопических выделениях, приблизительно столько же — в виде нестойких выцветов, вулканических возгонов и солей, образующихся при выветривании рудных месторождений. Около 300 минералов встречено лишь один раз за всю историю минералогии, а около 800 — не более 4—5 раз на всей территории Земли.

#### ФОРМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Не менее чем химический состав и геометрия структуры, интересны и важны для минералога и коллекционера природные внешние формы минералов. Знакомство с учением об этих формах — *морфологией* — переносит нас от несколько абстрактного понятия минерального вида в мир конкретных минералов — тех самых, что мы находим в недрах Земли и видим в наших коллекциях.

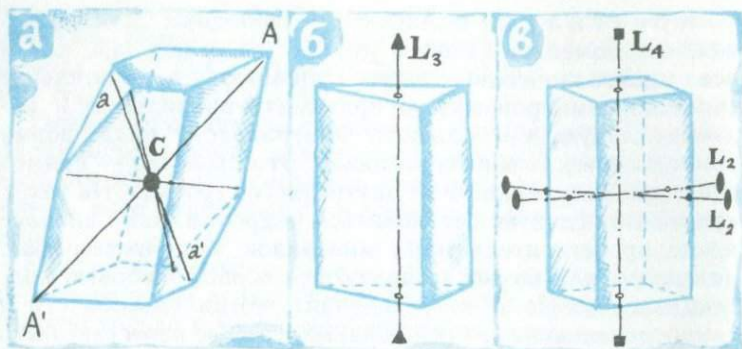
В природе минералы существуют в виде *индивидов* и их коллективов — *агрегатов*. Индивидом называется каждый отдельный кристалл независимо от его размеров и наличия правильных граней. Зерна полевого шпата, кварца и слюды, слагающие гранит, в такой же степени индивиды этих минералов, как и их красивые, симметричные кристаллы. В то же время искусственно ограненные куски минералов не являются индивидами, поскольку естественная форма в данном случае нарушена. Друзы и сростки кристаллов — наиболее интересные для коллекционера примеры минеральных агрегатов. Однако основная масса минералов образует сплошные массивные и зернистые агрегаты, в которых тесно сросшиеся индивиды чаще всего не имеют правильной и специфической для них формы. К таким агрегатам относятся, в частности, горные породы.

**Кристаллы.** Отлагаясь в свободных пространствах, без помех со стороны других тел, минералы, как и все кристаллические тела, проявляют замечательное свойство самопроизвольно принимать правильную и индивидуальную для каждого минерального вида форму кристаллических многогранников. Это свойство — прямое следствие регулярности их внутреннего строения. На таких кристаллах следует остановиться подробно: как наиболее яркие представители мира минералов, они чрезвычайно интересны для науки и пользуются особой любовью коллекционеров. Но и в тех случаях, когда способность к самоограничению не реализована, минерал не перестает быть кристаллическим телом: для этого достаточно того, что он имеет упорядоченное внутреннее строение.

«Кристаллом» долгое время называли главным образом горный хрусталь — бесцветные кристаллы кварца. Само слово означает по-гречески «лед»: такова древняя версия происхождения горного хрусталя, находимого высоко в горах, в царстве вечных снегов и холода. «Кристалл представляет воду, замороженную в условиях исключительного холода. В связи с этим он находится лишь в тех местах, где снег превращается в лед», — указывает Плиний Старший.

«Самому скромному и простому, но и самому элегантному из камней — горному хрусталу, кварцу» (по выражению известного советского исследователя Г. Г. Лемлейна) суждено было долгое время служить главным объектом науки о кристаллах — кристаллографии. В 1669 г. датский геолог, физиолог и анатом Н. Стенон открыл, что кристаллы хрусталя растут посредством наслаивания вещества и потому в процессе роста сохраняют неизменными углы между гранями. Стенон установил также закон постоянства углов, более чем столетие спустя сформулированный другим классиком кристаллографии, французом Ж. Б. Ромэ-Делилем: «Грани кристалла могут изменяться по своей форме и относительным размерам, но их взаимные наклоны постоянны и неизменны для каждого рода кристаллов». Как теперь известно, в основе этого закона лежит одинаковость структур всех кристаллов одного и того же вещества.

Но вернемся к внешней правильности кристаллов. «Кристаллы блещут симметрией», — так определил ее выдающийся кристаллограф Е. С. Федоров. Различия



между формами кристаллов — это прежде всего различия в симметрии. На рис. 4 показаны главные элементы симметрии, свойственные кристаллическим телам. *Центр симметрии* — точка внутри кристалла, обладающая следующим свойством: на любой проведенной через нее прямой на равных расстояниях от нее находятся соответственные точки кристалла. Кристалл, изображенный на рис. 4,а, имеет центр симметрии  $C$ : относительно него симметричны вершины  $A$  и  $A_1$ , грани  $a$  и  $a_1$  и все другие точки кристалла. *Ось симметрии* — прямая, за один оборот вокруг которой кристалл дважды или несколько раз совмещается со своим начальным положением. Показанный на рис. 4,б кристалл за один оборот вокруг оси  $L_3$  трижды повторит свое исходное положение; поэтому ось  $L_3$  называют осью симметрии 3-го порядка. Прямая  $L_4$  (рис. 4,в) — ось симметрии 4-го порядка: кристалл 4 раза совмещается сам с собой за один оборот. Кроме того, этот кристалл имеет еще четыре оси  $L_2$  (2-го порядка); две из них показаны на рисунке, остальные предоставляем найти читателю. В кристаллах возможны оси симметрии только 2, 3, 4 и 6-го порядков.

*Плоскость симметрии*  $P$  (рис. 4,г) делит кристалл на две равные части, каждая из которых как бы является зеркальным отражением другой. В кристалле на рис. 4,б можно обнаружить четыре плоскости симметрии, а на рис. 4,в — пять таких плоскостей.

Ограничение каждого кристалла расчленяется на *простые кристаллографические формы* (рис. 5). В правильно образованных и целых кристаллах все грани одной простой формы одинаковы и связаны элементами симметрии;

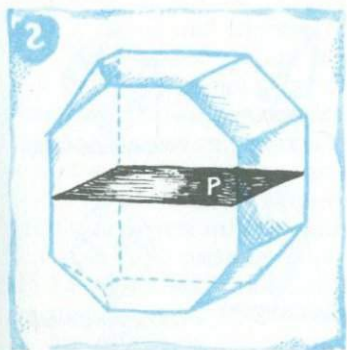


Рис. 4. Важнейшие элементы симметрии кристаллов:

$a$  — центр симметрии;  
 $b, c$  — оси симметрии;  
 $e$  — плоскость симметрии

на чертежах они обозначаются одной буквой. Простая форма, образующая многогранник — куб, дипирамиду и т. д., — называется закрытой. Моноэдр (одна неповторяющаяся грань), пинакоид (две одинаковые параллельные грани), диэдр, призма, пирамида — открытые простые формы; многогранники получаются только в комбинации с «замыкающими» гранями других простых форм. При образовании комбинации грани простых форм, пересекаясь, могут изменять свои очертания (рис. 6).

Попробуем теперь мысленно собрать вместе разные кристаллы и посмотрим, как их можно классифицировать по форме в целом. Это поможет нам уяснить некоторые термины и обозначения, которые часто встречаются в книгах по минералогии. Расположим кристаллы так, чтобы ось симметрии наибольшего порядка, или главная призма, или группа параллельных ребер были направлены по вертикали. В центре каждого кристалла построим систему координат, условившись проводить координатные оси параллельно главнейшим ребрам кристалла, осям и плоскостям симметрии. Сравнивая теперь кристаллы, мы увидим значительные различия во взаимном расположении координатных осей и в том, как развиты кристаллы в направлении каждой из них. Это позволит нам разделить все кристаллы на семь *кристаллографических сингоний*.

В самых симметричных кристаллах система координат получается прямоугольной, независимо от того, как поставить кристалл, — по всем трем направлениям он развит одинаково (рис. 7,а) — как говорят, имеет *изометрический облик*. Такие кристаллы относят к *кубической*

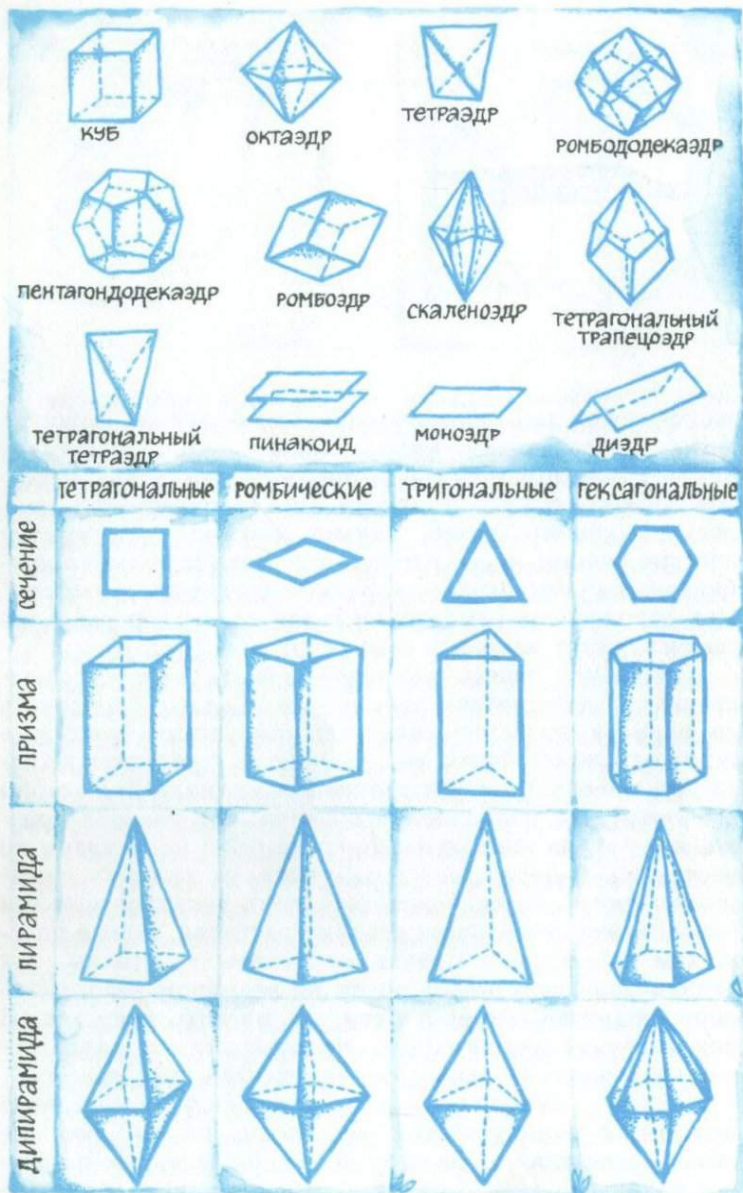


Рис. 5. Распространенные простые формы кристаллов

сингонии. В них (и только в них) всегда имеются четыре оси  $L_3$ . Простые формы (см. рис. 5) — только закрытые: куб, октаэдр, тетраэдр и другие, иногда с большим (до 48) числом граней. На кристаллах других сингоний эти простые формы не встречаются. В кубической сингонии кристаллизуются галит, пирит, флюорит (рис. 8), гранаты и много других минералов.

В *тетрагональной* сингонии (см. рис. 7,б) оси также располагаются под прямыми углами, но по вертикальной оси кристалл развит иначе, чем по двум горизонтальным. Из-за этого остается только одна вертикальная ось симметрии  $L_4$  (а в кубическом кристалле оси  $L_4$  совпадают со всеми тремя координатными осями). Простые формы (см. рис. 5) — тетрагональные призмы, пирамида, дипирамида, пинакоид, моноэдр и др. Грани пинакоида и моноэдра перпендикулярны оси  $L_4$ ; иное их расположение привело бы к тому, что эта ось перестала «работать». Примеры тетрагональных кристаллов — рutil, циркон, везувиан, халькопирит. Найдите в учебнике минералогии чертежи этих кристаллов и убедитесь, что они действительно относятся к тетрагональной сингонии.

В *ромбической* сингонии (см. рис. 7,в) кристаллы развиты по-разному уже во всех трех направлениях. Вследствие этого здесь сохраняются оси симметрии только 2-го порядка. Простые формы — ромбические призмы, пирамиды, дипирамиды, отличающиеся от тетрагональных тем, что несколько растянуты в поперечном направлении и лишились из-за этого оси симметрии 4-го порядка. Пинакоид может располагаться либо перпендикулярно, либо параллельно продольной оси кристалла. Представители — оливин, барит (рис. 9), сера и др.

Есть и такие кристаллы, форма которых заставляет отказаться от прямоугольной системы координат. В *моноклинной* сингонии (см. рис. 7,г) вследствие перекоса кристалла один из координатных углов получается не прямым. Здесь набор элементов симметрии еще беднее: либо единственная ось  $L_2$ , либо плоскость симметрии, либо ось и плоскость, перпендикулярные друг другу (на их пересечении получается центр симметрии). Простые формы — пинакоид, ромбическая призма, диэдр, моноэдр. Примеры: ортоклаз, диопсид, гипс.

В кристаллах *триклинной* сингонии все координатные углы не прямые (см. рис. 7,д). Элементы симметрии от-

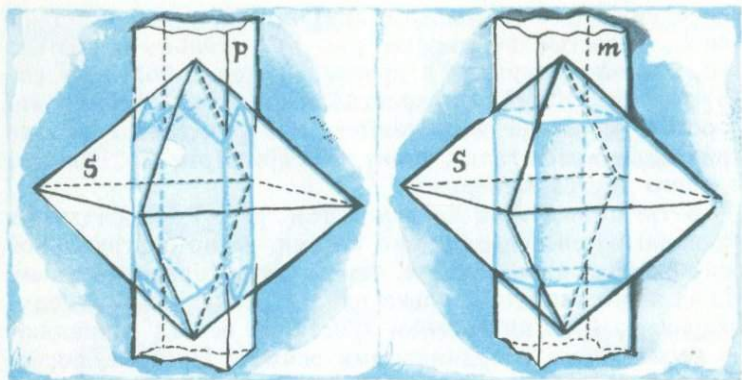


Рис. 6. Образование комбинаций простых форм:  
*s* — дипирамида; *p*, *m* — призмы

сутствуют вовсе либо имеется лишь центр симметрии. Простые формы — моноэдры и пинакоиды. Примеры триклинных минералов — аксинит, халькантист, альбит.

Особняком стоят кристаллы, в которых главная ось симметрии имеет 3-й или 6-й порядок. Для них удобна 4-осная координатная система: три оси лежат в горизонтальной плоскости под углами  $120^\circ$  друг к другу, а четвертая перпендикулярна им и совпадает с единственной осью  $L_3$  (тригональная сингония, см. рис. 7,е) или  $L_6$  (гексагональная сингония, см. рис. 7,ж). Простые формы гексагональной сингонии — гексагональные призма, пирамида и дипирамида, моноэдр и пинакоид (перпендикулярные  $L_6$ ). В тригональной сингонии к ним добавляются различные ромбоэдры и скаленоэдры и тригональные призмы, пирамида и дипирамида. В тригональной сингонии кристаллизуются, например, кварц, кальцит, гематит, турмалин; в гексагональной — апатит, берилл, молибденит, лед (снежинки) и др.

Сингония — важная характеристика, имеющая большое значение, в частности, для определения неизвестных минералов. В каждой сингонии имеются свои особенности внешнего облика кристаллов и свой набор «руководящих» элементов симметрии. Уяснение этих особенностей на первых порах дается не без труда, но после некоторых упражнений на схематических чертежах кристаллов, а

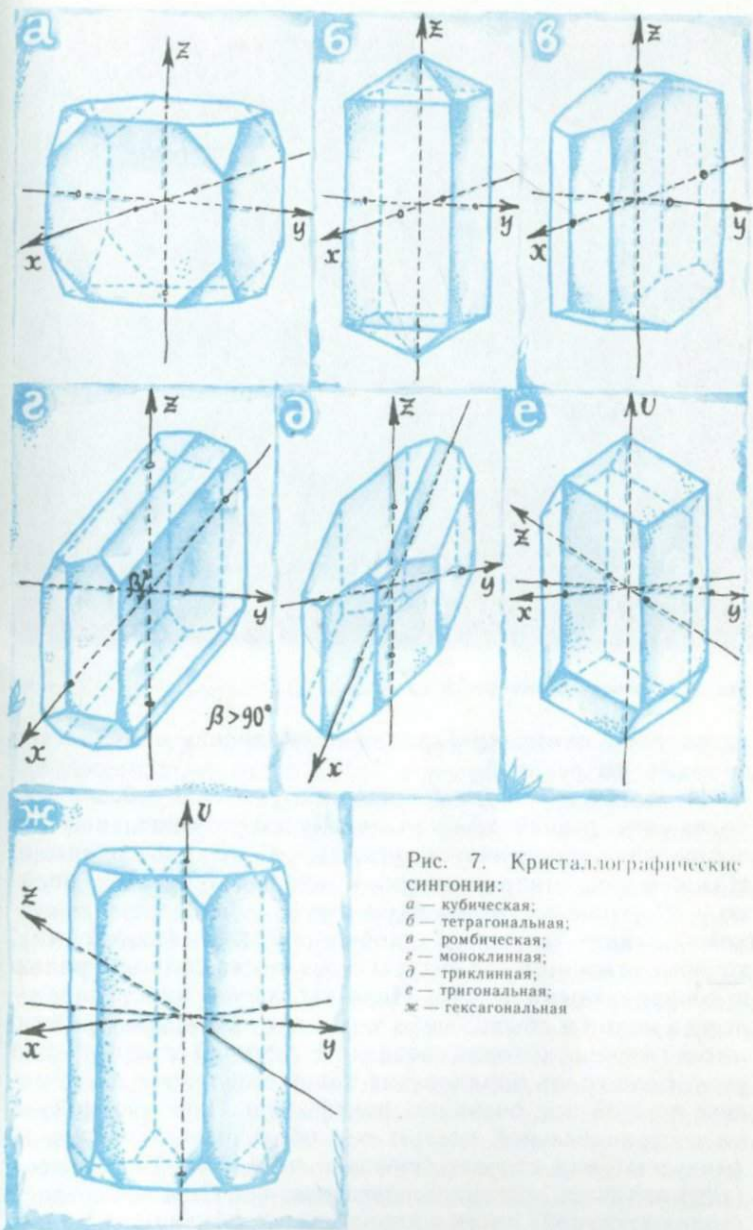


Рис. 7. Кристаллографические

сингонии:

- a — кубическая;
- б — тетрагональная;
- в — ромбическая;
- г — моноклиная;
- д — триклиная;
- е — тригональная;
- ж — гексагональная

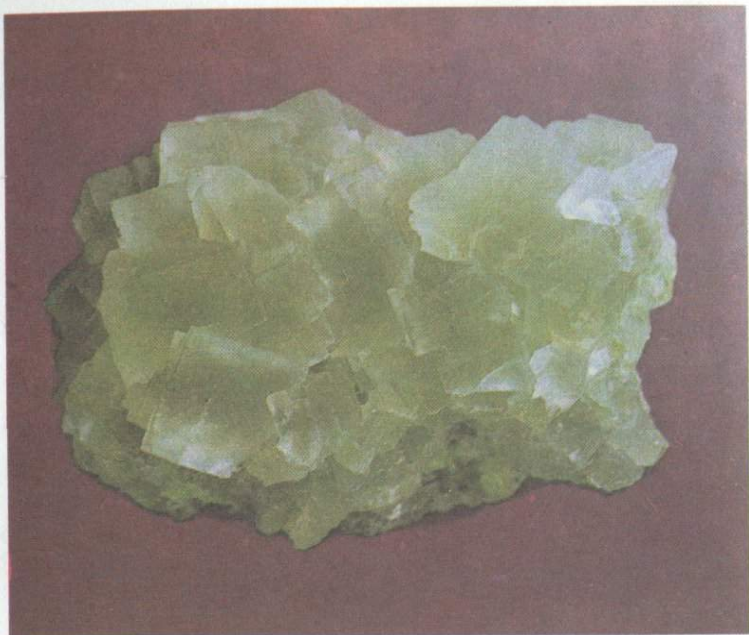


Рис. 8. Флюорит. Приморский край

затем и на самих кристаллах премудрость оказывается не столь уж великой.

Используем системы координат, чтобы обозначить положение граней кристаллов. Будем помнить, что это положение определяется углами, а не расстояниями. Назовем ось, направленную к наблюдателю  $Ox$ , вправо —  $Oy$ , вверх  $Oz$ . Каждую грань обозначают *символом* — заключенными в скобки числами (индексами), которые относятся как синусы углов, составляемых гранью с координатными осями. Индексы граней кристаллов — всегда целые и обычно небольшие числа. Большой индекс имеет та грань, которая составляет с данной осью больший угол. Если грань параллельна какой-нибудь оси, то ее индекс по этой оси, очевидно, равен нулю. Пересечение грани с отрицательной частью оси обозначается черточкой (минусом) над соответствующим индексом. Так, символ  $(100)$  означает, что грань пересекает ось  $Ox$  в ее передней (положительной) части и параллельна координатной плос-



Рис. 9. Барит. Центральный Кавказ

кости  $yOz$ ; грань  $(001)$  пересекает ось  $Oz$  и параллельна плоскости  $xOy$ ; грань  $(110)$  пересекает ось  $Ox$  сзади, а ось  $Oy$  спереди и параллельна оси  $Oz$  (рис. 10).

Аналогично обозначаются и простые формы кристаллов. Символом простой формы служит заключенный в фигурные скобки символ ее ближайшей к наблюдателю грани, расположенной в передней верхней части координатной системы. Например, в кубической сингонии символ куба  $\{100\}$ , октаэдра  $\{111\}$ , ромбододекаэдра  $\{110\}$  (рис. 11). На тетрагональном кристалле, имеющем грань  $(100)$ , вследствие симметрии  $L_4$  должны быть также грани  $(010)$ ,  $(100)$  и  $(010)$ ; в совокупности они образуют тетрагональную призму  $\{100\}$ , но не куб, так как для этого понадобилось бы «размножить» грань  $(100)$  еще двумя осями 4-го порядка, а их в кристаллах тетрагональной сингонии нет. Итак, один и тот же символ может обозначать в разных сингониях различные формы. Возможные пинакоиды: в тетрагональной сингонии  $\{001\}$ ; в ромбиче-

Рис. 10. Символы некоторых грани кристаллов

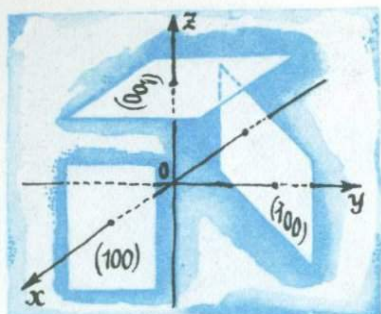


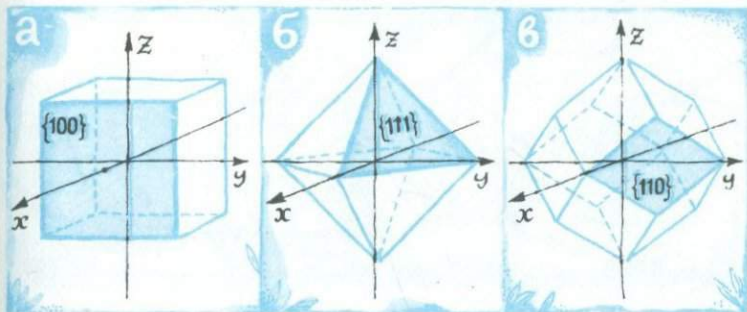
Рис. 11. Символы простых форм:

- а — куба,
- б — октаэдра,
- в — ромбододекаэдра

ской, моноклинной и триклинной  $\{001\}$ ,  $\{010\}$  и  $\{100\}$ ; в тригональной и гексагональной  $\{0001\}$ .

Реальные кристаллы минералов. В природной обстановке любой кристалл почти неизбежно подвергается искажениям, которые придают ему черты индивидуальности и делают чем-то непохожим на своих «собратьев». До сих пор, чтобы разобраться в формах кристаллов, мы упрощали дело, заменяя реальный кристалл идеализированной, обобщенной моделью. Но эта модель имеет к реальному кристаллу самое непосредственное отношение: соответствуя его внутренней структуре, она, как следствие, сохраняет те же углы внешнего ограничения. Если нет искажений структуры (о которых речь будет далее), углы между гранями и между ребрами настолько характерны, что часто уже по ним можно «узнать» кристалл; симметрия реальных кристаллов — это скорее симметрия углов, а не очертаний. Перенося грани параллельно самим себе и продолжая их до пересечения друг с другом (что с точки зрения закона постоянства углов не вызывает возражений), мы всегда сможем из реального кристалла получить его модель, но никогда не получим модели другого кристалла.

Индивидуальный облик, с одной стороны, является свидетельством «личной биографии» кристалла, с другой — отражает общие закономерности формирования реальных кристаллов. А раз это так, то нам интересно будет познакомиться с реальными кристаллами минералов поближе. Исследованиями закономерностей их зарождения и развития занимается особая отрасль минералогии — *онтогенез минералов*.



С первого же взгляда можно заметить, что реальные кристаллы «отдают предпочтение» то одним, то другим свойственным данному минеральному виду простым формам; полный набор не встречается практически ни на одном кристалле. Морфологическим рекордсменом считается кальцит: на его кристаллах насчитывается свыше 700 простых форм. По сравнению с этим числом ограничение каждого отдельного кристалла кальцита кажется совсем бедным: это либо гексагональная призма, прикрытая на концах гранями ромбоэдра, либо один ромбоэдр без всяких следов других форм, либо скаленоэдр, либо преобла-

Рис. 12. Папиршпат. Приморский край

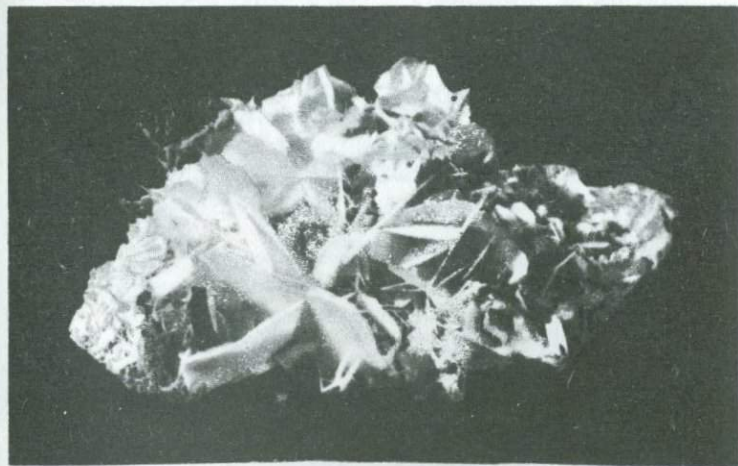




Рис. 13. Направленная кристаллизация в движущейся среде

дающий пинакоид  $\{0001\}$ , придающий кристаллам вид тонких, похожих на бумагу табличек — так называемый папиришпат (рис. 12), и т. д.

Грани одной простой формы, как правило, развиты неодинаково. Под воздействием земного тяготения, движения минералообразующих растворов, газов и паров, тепловых потоков в них кристаллизация принимает направленный характер: вещество откладывается преимущественно на тех гранях, которые обращены навстречу движущимся частицам. Эти грани постепенно «выклиниваются», а противоположные им грани увеличиваются и становятся преобладающими (рис. 13). Вследствие этого симметрия реального кристалла понижается и он приобретает вид, не свойственный модели. Так, ромбододекаэдр граната приобретает вытянутый облик с ложной призмой; еще труднее узнать искаженные октаэдры магнетита (рис. 14). Крайний случай искажения облика — так называемые нитевидные кристаллы, в которых встречаются даже минералы кубической сингонии (рис. 15). Нитевидные кристаллы отличаются высоким совершенством структуры и своей необычной формой обязаны только специфическим условиям роста.

Грани реального кристалла — уже не абстрактные геометрические плоскости, а физические поверхности с характерным рельефом — штриховкой, бугорками, ямками, обусловленными как структурными особенностями, так и процессами роста и изменения. Грани одной простой формы имеют однотипную «скульптуру», обладают одинаковыми физическими свойствами — растворимостью, способностью адсорбировать примеси, электри-

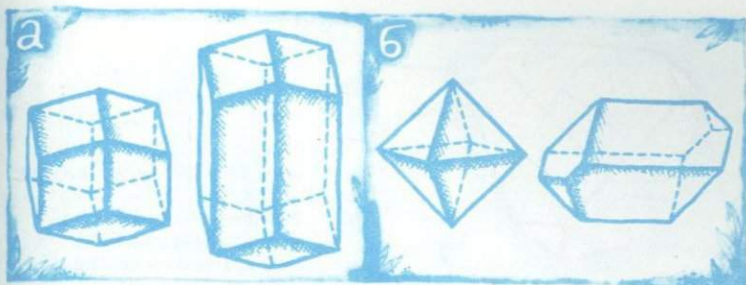


Рис. 14. Искажение облика кристаллов:  
 а — ромбододекаэдра; б — октаэдра

зоваться и др., одинаково расположены относительно направлений спайности. Все это помогает отличать простые формы друг от друга.

Перейдем к примерам. Изображенный на рис. 16 кристалл сфалерита имеет восемь граней, половина которых несет треугольную штриховку. Следовательно, можно предположить наличие по крайней мере двух простых форм. Судя по числу, очертанию и взаимному расположению штрихованных граней, они составляют тетраэдр (форма молочного пакета). Гладкие грани почти вытеснены штрихованными и не имеют общих ребер; но мысленно продолжив их до пересечения друг с другом, убеждаемся, что они также образуют тетраэдр. Следовательно,

Рис. 15. Нитевидные кристаллы серебра. Казахстан

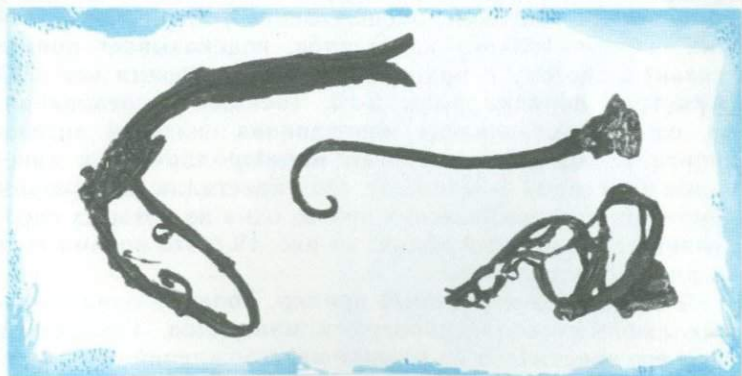


Рис. 16. Кристалл сфалерита

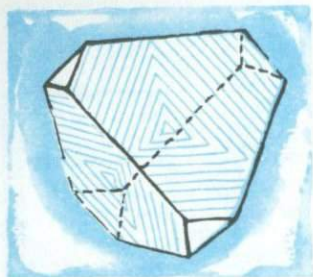


Рис. 17. Кристаллы пирита:

- а — куб;
- б — пентагондодекаэдр;
- в — комбинация куба и пентагондодекаэдра

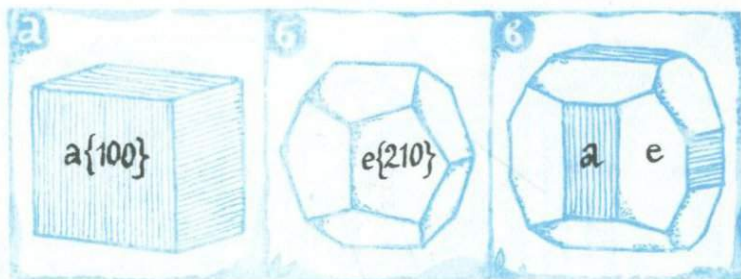
кристалл должен быть отнесен к кубической сингонии. Виден здесь и обязательный ее признак — четыре оси  $L_3$ , каждая из которых проходит через центр гладкой грани и центр противоположной ей штрихованной грани. За один полный оборот вокруг любой из этих осей кристалл (вместе со штриховкой) трижды совмещается сам с собой.

На кристалле пирита, изображенном на рис. 17, в, также имеем комбинацию двух простых форм. Мысленно развивая 12 гладких граней, добиваемся выклинивания штрихованных прямоугольников и получаем пентагондодекаэдр  $e \{210\}$  (см. рис. 17, б). Развивая же шесть штрихованных граней, получаем куб  $a \{100\}$  (см. рис. 17, а).

Вилуит — разновидность везувиана (рис. 18). Форма, симметрия и различный рельеф граней позволяют выделить две тетрагональные призмы  $\{100\}$  и  $\{110\}$ , тетрагональную дипирамиду  $\{111\}$  и пинакоид  $\{001\}$ . Наличие этих форм и единственной оси симметрии 4-го порядка определяет тетрагональную сингонию кристалла.

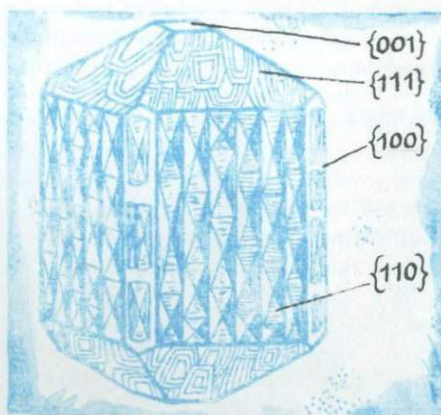
Кристаллы арсенопирита (рис. 19) имеют признаки ромбической сингонии: расположение ребер, определяющих габитус (облик) кристаллов, подсказывает прямоугольную систему координат, но в то же время нет осей симметрии порядка выше 2-го. Точными исследованиями, однако, установлена моноклинная сингония арсенопирита, поэтому его называют *псевдоромбическим* минералом («псевдо» — мнимый). Оба кристалла образованы комбинациями ромбических призм, одна из которых определяет их столбчатый облик: на рис. 19, а это призма  $m$ , а на рис. 19, б призма  $p$ .

А теперь более сложный пример. Топаз — один из самых любимых коллекционерами минералов. Габитусные типы его кристаллов из разных месторождений отличают-



ся друг от друга преимущественным развитием простых форм и получили специальные названия (рис. 20). В каждом из них есть три взаимно перпендикулярные плоскости симметрии, линии пересечения которых — не что иное, как три взаимно перпендикулярные оси  $L_2$ , а точка пересечения всех трех плоскостей — центр симметрии. Следовательно, топаз нужно отнести к ромбической сингонии. Габитус определяет комбинация ромбических призм, вытянутых вдоль осей симметрии:  $p$ ,  $m$  и  $s$  — вдоль одной,  $d$  и  $f$  — вдоль другой. Грани призмы  $q$  присутствуют лишь на одном из кристаллов и почти вытеснены другими простыми формами. Каждая призма имеет четыре грани, часть которых находится с противоположной стороны кристалла и не видна на чертеже. В огранении участвуют также ромбическая дипирамида  $t$  (по две грани с передней и задней стороны головки кристалла и столько же на нижней голов-

Рис. 18. Кристалл вилуита



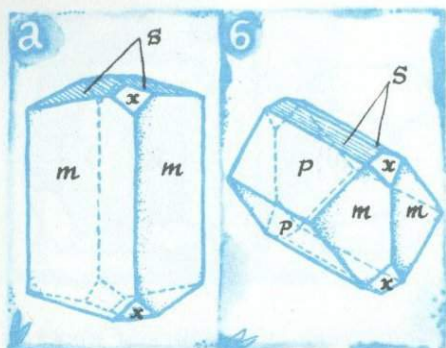


Рис. 19. Кристаллы арсенопирита:  
*a* — с преобладанием призмы *m*;  
*б* — с преобладанием призмы *p*

Рис. 20. Кристаллы топаза:  
*a* — муззинский тип;  
*б* — адунчиловский тип;  
*в* — ильменский тип

ке, итого восемь граней) и пинакоид *c* (по одной грани на каждой головке).

Закономерные сростания индивидов. Срастаясь в случайных положениях, индивиды образуют сростки и агрегаты. Но срастание может быть и закономерно ориентированным; тогда возникают двойники и эпитаكсии.

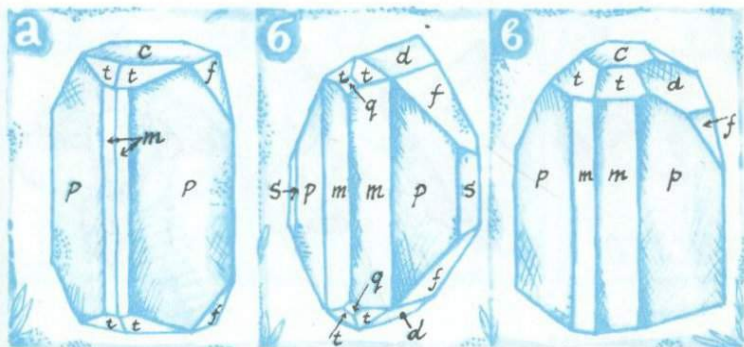
В двойниках структуры индивидов одного и того же минерала связаны осями или плоскостями симметрии (рис. 21, *a*). В зависимости от взаимного положения индивидов бывают двойники срастания, прорастания и полисинтетические (рис. 22 и 23). Двойники широко распространены и чрезвычайно характерны для некоторых минералов (например, киновари, плагиоклазов). Один и тот же минерал может двойниковаться разными способами.

От обычных кристаллов и незакономерных сростков двойники отличаются следующими признаками:

1) повышенной симметрией. Например, двойник кварца по так называемому дофинейскому закону (рис. 24) имеет на каждой головке по двойному набору граней *x*, вследствие чего вместо оси симметрии 3-го порядка возникает ось 6-го порядка, а двойник приобретает псевдогексагональную симметрию вместо тригональной у недвойникового кристалла;

2) наличием обращенных, перевернутых частей (см. рис. 22, *б, в*);

3) «двойниковыми швами» — извилистыми или прямолинейными границами отдельных индивидов на гранях кристалла (см. рис. 24) или на его изломе, образующими



замкнутый контур. На швах может наблюдаться несовпадение штриховки граней;

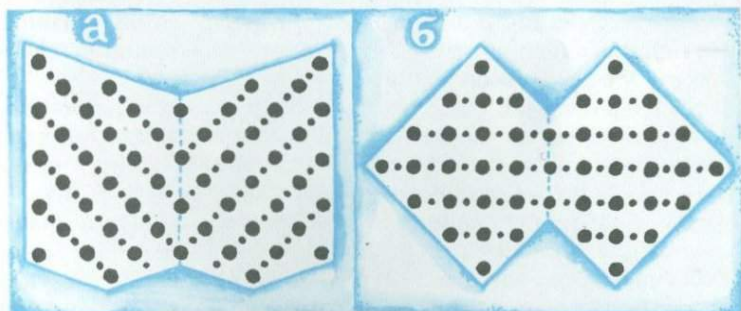
4) входящими углами — в отличие от кристаллов-индивидов, являющихся выпуклыми многогранниками. Входящие углы характерны также для параллельных сростков (автоэпитаксий).

*Эпитаксией* называется ориентированное нарастание одного индивида на другой. Ориентировка возникает в начале роста младшего индивида под действием на его микроскопический зародыш силового поля кристаллической решетки кристалла-основания. Известны эпитаксические нарастания галенита на пирротин, халькопирита на тетраэдрит (рис. 25) и др. Частный случай этого явления — *автоэпитаксия*, нарастание на кристалл того же

Рис. 21. Структуры закономерных сростков:

а — двойник;

б — параллельное срастание



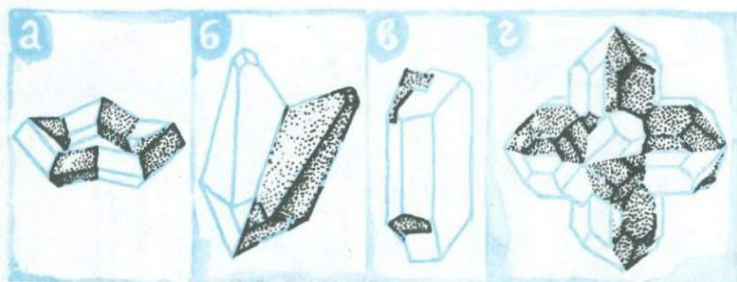


Рис. 22. Двойники:

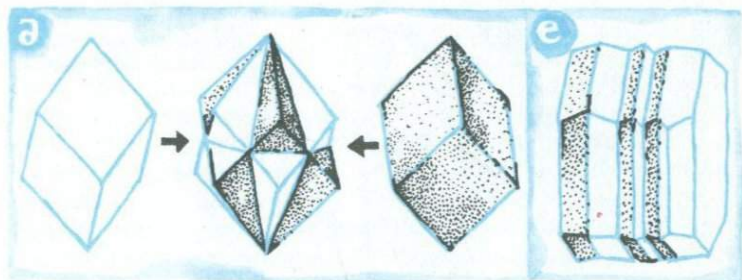
а — циклический коленчатый двойник рутила; б — двойник срастания кальцита; в — «карл»

минерального вида. При этом кристаллические структуры индивидов составляют одно целое (рис. 21,б). Пример автоэпитаксии — так называемые скипетровидные кристаллы кварца (рис. 26), характерные, в частности, для его фиолетовой разновидности — аметиста.

Дендритные и скелетные формы. Рядом с кристаллами-многогранниками не совсем обычно выглядят ажурные веточки самородной меди (рис. 27). Это особая порода кристаллов — *дендриты* (от греческого «дендрон» — дерево), развивающихся в условиях, когда приток питающего вещества к растущему кристаллу затруднен. В таких случаях нарастание происходит преимущественно по ребрам и вершинам — образуется *скелетная* форма (рис. 28). В процессе роста кристалл как бы вынужден сам отыскивать себе питание и разрастается далеко от центра кристаллизации — возникает дендрит. «Морозные узоры» на окнах — дендриты льда.

Скелетные и дендритные формы (как и описываемые далее расщепленные кристаллы) обязаны своим возникновением особенностям условий роста и в принципе возможны у любых минералов.

Сферокристаллы и сферолиты. Еще одной особенностью реальных кристаллов является наличие структурных дефектов — посторонних ионов, незанятых узлов кристаллической решетки и т. п. Все это — «ошибки» в пристраивании атомов друг к другу, возникающие уже в процессе роста кристаллов. Пока дефекты немногочисленны, они не влияют на внешний облик кристаллов. Но когда их возникает очень много (например, при



«сбадский» двойник ортоклаза; *г* — сложный двойник филлипсита; *д* — двойник прорастания доломита; *е* — полисинтетический двойник плагиоклаза

быстрой кристаллизации), несовершенство структуры неизбежно отражается и на форме кристалла.

Накопление дефектов вызывает расщепление структуры на отдельные блоки, несколько разориентированные друг относительно друга. В процессе дальнейшего роста каждый из блоков также расщепляется, порождая блоки следующего поколения; с обособлением и взаимной разо-

Рис. 23. Двойники титанита. Приполярный Урал



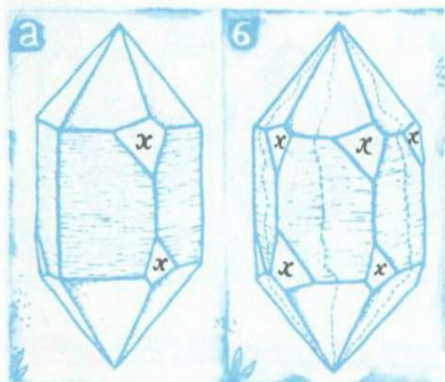
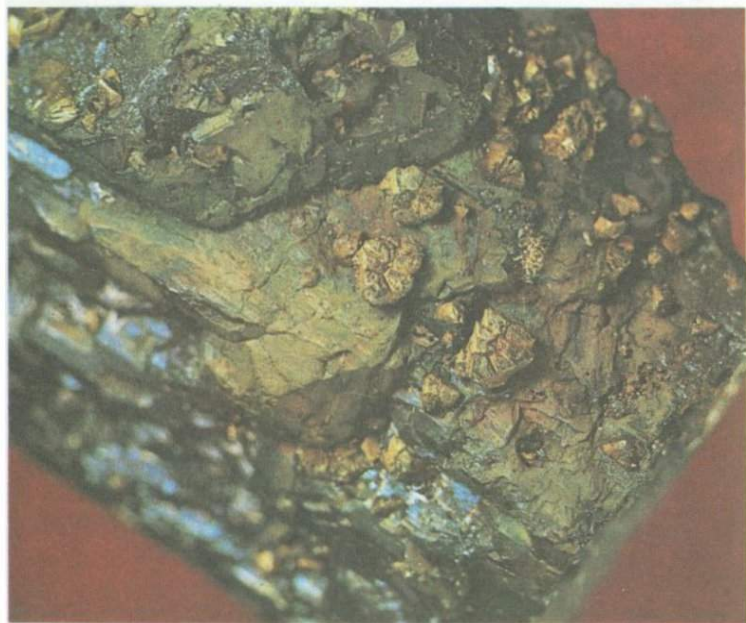


Рис. 24. Монокристалл (а) и «дофинеийский» двойник прорастания (б) кварца

риентированностью блоков возникают нарушения закона постоянства углов, которые становятся видимыми, когда кристалл с обилием дефектов достигает больших размеров (рис. 29).

Рис. 25. Халькопирит. Эпитаксия на тетраэдрите. Березовское месторождение, Урал



Первое внешнее проявление блочного роста — появление на плоских гранях ступенчатого рельефа, напоминающего паркет или мозаику (рис. 30). Дальнейшее расщепление приводит к искривлению граней (см. рис. 29); грани ромбэдров и кубов могут принимать форму седла. Иногда образуется сноповидный «сросток»; строго говоря, это не сросток, а продукт расщепления одного единственного индивида. В дальнейшем «сноп» может развиваться в «двулистник»; смыкание противоположных концов седла или двулистника приводит к образованию *сферокристалла* (рис. 31). Если расщепление идет интенсивно, то вместо грубых блоков образуются тонкие волокна, слагающие *сферолиты* шаровидной формы с гладкой поверхностью (рис. 32).

Расщепленные кристаллы сочетают признаки индивидов (единство первоначальной структуры и рост из одного центра) и агрегатов (образование «сростков»).

Рис. 26. Скипетровидный кристалл кварца

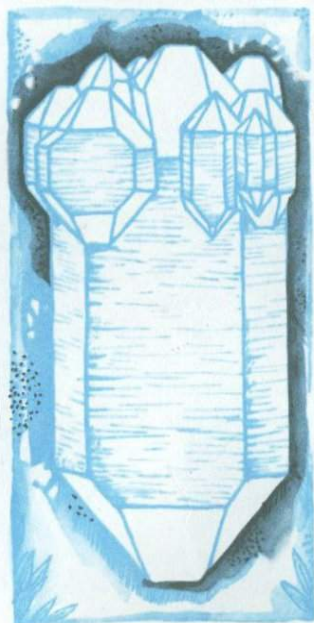


Рис. 27. Дендрит самородной меди. Джекказганское месторождение, Казахстан





Рис. 28. Скелетный кристалл кальцита. Приморский край



Рис. 29. Расщепленный кристалл кальцита. Приморский край

Расщепленные кристаллы чрезвычайно широко распространены среди минералов. В сноповидных сростках и двулистниках встречается, например, стильбит (рис. 33) — минерал из группы цеолитов; его синоним десмин — по-гречески сноп, связка. Старинным термином «стеклянная голова» обозначали сферолитовые образования с блестящей гладкой поверхностью: бурая стеклянная голова (гётит), красная стеклянная голова (гематит) и др. Красивейший поделочный камень малахит ценится за сочетание сочного зеленого цвета со сферолитовым строением, обуславливающим кружевной узор и атласный блеск полированных срезов: «камень, а на глаз, как шелк, хоть рукой погладить» — говорится у П. Бажова («Медной горы хозяйка»). Реже встречаются сферокристаллы малахита (рис. 34).

Кварц имеет две сферолитовые разновидности: халцедон, в котором волокна вытянуты поперек продольной оси кристаллов, и кварцин — с волокнами вдоль этой оси. Разноцветные слои халцедона и кварцина, откладываясь слой за слоем в полостях горных пород, образуют агаты (рис. 35).

**Псевдоморфозы.** В минералогии псевдоморфозами называют продукты замещения одних минералов другими, сохраняющие форму замещенных минералов.



Рис. 30. Мозаичный кристалл флогопита.  
Кольский п-в



Рис. 31. Расщепление кристалла:  
а — «сноп»;  
б — «двулистник»;  
в — сферокристалл

Рис. 32. Сферолиты стеллерита. Сарбайское месторождение, Казахстан





Рис. 33. Сноповидный сросток стильбита. Красноярский край

Иногда к псевдоморфозам относят также минерализованные остатки организмов — окаменелости.

Псевдоморфозы образуются двумя способами:

1) путем постепенного замещения первоначального минерала по мере его реакции с воздействующим реагентом (псевдоморфозы замещения);

2) путем отложения нового минерала в полости, освободившейся после растворения и удаления исходного минерала (псевдоморфозы заполнения).

В том и другом случае новообразовавшийся минерал может в точности, вплоть до скульптуры граней, повторять форму прежнего.

Не всегда образование псевдоморфозы сводится только к химической реакции. В некоторых случаях индивидуы замещающего минерала определенным образом ориентируются относительно исходной формы, к которой, казалось бы, не имеют отношения. Это имеет место, например, в не-



Рис. 34. Сферокристаллы малахита. Джекказганское месторождение, Казахстан

которых уралитах (псевдоморфозы амфиболов по пироксенам), мушкетовитах (магнетит по гематиту).

Псевдоморфозы встречаются среди всех классов минералов, например: медь  $\text{Cu}$  по куприту  $\text{Cu}_2\text{O}$ , атакамит  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$  по азуриту  $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$ , пирит  $\text{FeS}_2$  по пирротину  $\text{FeS}$  гётит  $\text{HFeO}_2$  по пириту, кварц  $\text{SiO}_2$  по апофиллиту  $\text{KCa}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2\text{F} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , малахит  $\text{Cu}_2[\text{CO}_3] \times (\text{OH})_2$  по куприту, топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$  по микроклину  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  и т. д. Как видим, в химическом отношении псевдоморфоза может весьма отличаться от первоначального минерала. Однако это не обязательно; примерами псевдоморфоз с сохранением химического состава могут служить некоторые кристаллы кварца. Высокотемпературная гексагональная модификация кремнезема с понижением температуры до  $573^\circ\text{C}$  претерпевает структурную перестройку и переходит в обычный тригональный кварц. Форма кристаллов при этом сохраняется, т. е. превраще-

ние носит характер псевдоморфозы. В ходе перестройки отдельные атомы ошибочно занимают не свои, а симметричные им позиции, ошибка наследуется пристраивающимися к ним следующими атомами, и образуется двойник по схеме рис. 21. Такова одна из причин распространенности дофинейских двойников кварца.

Основные признаки псевдоморфоз — несоответствие формы кристаллов минеральному виду, наличие реликтов (остатков) незамещенного раннего минерала, особенности строения (тело с внешней формой индивида сложено агрегатом зерён).

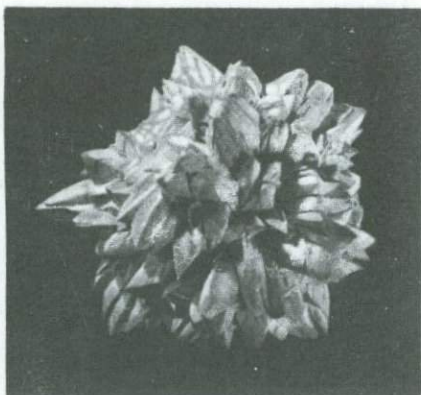
Современные методы позволяют со всей несомненностью установить минеральный состав псевдоморфозы. Иное дело — исходный минерал, о котором часто не сохранилось никакой информации, кроме внешней формы. Некоторые псевдоморфозы оказываются поэтому «крепким орешком».

На побережьях арктических морей издавна находят

Рис. 35. Агат. Сихотэ-Алинь



Рис. 36. Беломорские рогульки. Таймыр



живописные псевдоморфозы кальцита по копьевидным сросткам неизвестного минерала, называемые беломорскими рогулками, а в зарубежной литературе — глендонитами (рис. 36). Предполагалось, что это продукты замещения гейлюссита — одного из карбонатов натрия. Но беломорские рогульки встречаются в отложениях не старше третичного возраста, когда в районах находок уже установился холодный климат, исключавший возможность образования гейлюссита. Не удалось пока разыскать и предка знаменитого ахтарандита, найденного Э. Г. Лаксманом в конце XVIII столетия на р. Ахтаранде в Якутии. «Кристаллы» ахтарандита сложены зернами хлорита, граната, каолинита, доломита и имеют формы кубической сингонии.

**Агрегаты минералов.** Несколько индивидов, развивающихся из расположенных по соседству центров кристаллизации, срстаются в агрегат минералов. Из всего многообразия агрегатов более всего коллекционеров интересуют *друзы*, вырастающие в свободном пространстве из произвольно расположенных зародышей. В процессе друзового роста индивиды развиваются независимо друг от друга и сохраняют форму одиночных кристаллов (рис. 37).

С течением времени растущие индивиды начинают стеснять друг друга. Возможность дальнейшего развития сохраняют лишь те из них, которые растут в сторону свободного пространства, т. е. перпендикулярно поверхности нарастания агрегата. Это явление носит название *геомет-*



Рис. 37. Друза мозаичных кристаллов доломита с кварцем. Березовское месторождение, Урал

*рического отбора* (рис. 38). В результате самоупорядочения ориентировки индивидов друза перерастает в *параллельно-шестоватый агрегат*. Его свободная поверхность, образованная головками кристаллов, называется *щеткой*.

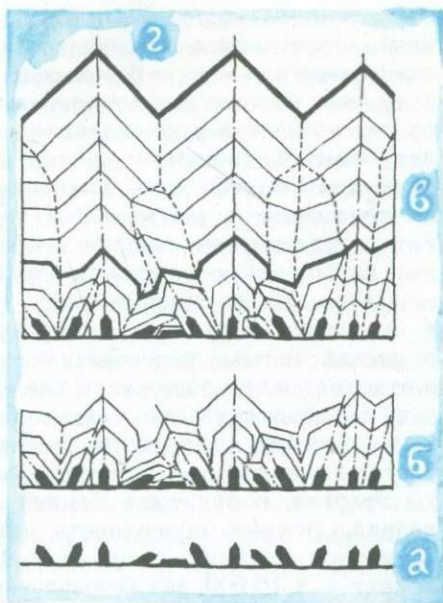
Теперь ясно, почему крупные друзы встречаются нечасто: по мере роста увеличивается вероятность вырождения друзы в параллельно-шестоватый агрегат. Для образования крупных друз нужно, чтобы центры кристаллизации были немногочисленны и расположены не слишком близко друг к другу. Условия, благоприятные для продолжительного друзового роста, обычно обеспечиваются при медленной кристаллизации.

#### КАК И ПОЧЕМУ ОБРАЗУЮТСЯ МИНЕРАЛЫ

Начав свое существование около 5 миллиардов лет назад, наша планета и сегодня находится в состоянии непрерывной эволюции. Движущие силы этой эволюции —

Рис. 38. Схема геометрического отбора:

*a* — рост отдельных кристаллов;  
*б* — срастание в друзу; *в* — параллельно-шестоватый агрегат;  
*г* — шетка



собственная энергия Земли, сосредоточенная главным образом в ее недрах, и энергия, которую Земля получает извне, в виде света и тепла, излучаемых Солнцем.

Недра Земли — гигантский энергетический котел, в котором господствуют высокие давления и температуры. Их колоссальная энергия вызывает образование континентов и горных систем, землетрясения и извержения вулканов. Основным источником внутреннего тепла Земли служат, по-видимому, идущие в ее глубинах процессы радиоактивных распадов.

С каждым 100 метрами удаления от поверхности температура Земли повышается в среднем на  $3^\circ$ , а давление на  $30 \cdot 10^5$  паскалей. На больших глубинах земное вещество находится в сильно нагретом (местами до расплавления) и сжатом состоянии. В этих условиях оно обладает «необычными» свойствами, например способностью удерживать легко подвижные, летучие соединения. С глубиной меняется и химический состав недр.

Из глубин Земли тепло распространяется на ее относительно холодные верхние зоны. С геологической точки зрения особенный интерес представляет перенос тепла

восходящими потоками нагретого вещества (конвекция) — при этом в верхние части земной коры поступает и само содержимое глубоких недр. Зарождаясь на глубине в десятки километров, огненно-жидкие расплавы сложного, преимущественно силикатного состава, насыщенные летучими соединениями, — так называемые *магмы* — проплавливают себе путь в горных породах, поднимаются по трещинам и застывают в верхних горизонтах коры или изливаются на поверхность в виде вулканической лавы. Согласно современным представлениям, глубинное вещество Земли претерпевает постепенную дегазацию, т. е. теряет летучие компоненты. Часть их, входящая в состав магмы, переносится ею к поверхности Земли и отделяется при понижении давления. Другая часть образует перегретые газОВО-жидкие растворы, состоящие главным образом из воды и углекислоты и оказывающие сильное воздействие на минералы горных пород.

Энергия, получаемая Землей от Солнца, также очень велика. Земная поверхность непрерывно воспринимает солнечное излучение мощностью  $8,5 \cdot 10^4$  миллиардов киловатт — в 10 000 раз больше всей энергии, одновременно добываемой человечеством, и в 3500 раз больше теплового потока из недр. Эта энергия вызывает мощные движения в атмосфере, круговорот воды, движение рек и ледников, выветривание горных пород и нивелирование горного рельефа. Тем самым медленно, но неуклонно сводится на нет работа внутренних сил Земли, и лишь возможность концентрироваться в отдельные периоды и в отдельных зонах планеты позволяет им возводить свои грандиозные постройки, на время опережая силы разрушения. Колоссальная энергия солнечного происхождения, с которой не сравнимы даже мощные ядерные взрывы, участвует в крупных ураганах и наводнениях; огромные ее запасы накапливаются в населяющих Землю организмах и сосредоточены в горючих ископаемых.

Все геологические процессы, от грандиозных вулканических катастроф до незаметного испарения воды морей и озер, сопровождаются перераспределением вещества и энергии; различные твердые, жидкие и газообразные вещества при этом разрушаются и образуют новые. Иными словами, то здесь, то там происходит обновление минерального состава земной коры. Таков самый общий ответ на вопрос о том, почему образуются минералы.

Процессы минералообразования, идущие за счет внутренней энергии Земли, называют *эндогенными*; идущие за счет внешней, т. е. солнечной, энергии — *гипергенными* (или экзогенными). Эти процессы протекают в существенно различных условиях. К эндогенным относятся процессы, происходящие при застывании магмы на глубине (*интрузивные*) или на поверхности Земли при извержениях вулканов (*эффузивные*). На глубине затвердевание магмы происходит медленно; это обусловлено низкой теплопроводностью горных пород, а также высоким давлением, благодаря которому в магме удерживаются летучие компоненты, понижающие температуру кристаллизации расплава. По мере затвердевания отделяются обогащенные газами остаточные расплавы, кристаллизующиеся в особой последовательности (*пегматиты*). С дальнейшим снижением температуры процесс переходит в *гидротермальную* стадию, когда основным переносчиком вещества и средой минералообразования являются жидкие водные растворы.

Эндогенными процессами обусловлено образование почти всех силикатных горных пород (граниты, диориты, базальты и др.), под их действием формируются рудные жилы и месторождения большинства металлов и неметаллических полезных ископаемых.

Гипергенные процессы идут вблизи воспринимающей солнечную энергию поверхности Земли. К ним относится выветривание коренных залежей полезных ископаемых с их последующим обогащением: легкие продукты выветривания уносятся текучими водами, а тяжелые, содержащие ценные компоненты, остаются на месте. Так образуются россыпные месторождения золота, монацита, самоцветов и др. Химическое выветривание рудных залежей приводит к образованию зон окисления, обогащенных новыми минералами. К гипергенным процессам относится формирование осадочных горных пород на дне водоемов из сносимых текучими водами продуктов выветривания (песчаники, глины, конгломераты и др.), в результате кристаллизации растворенных в воде веществ, отложения продуктов жизнедеятельности организмов и органических остатков (известняки, ископаемые угли и др.). Гипергенное происхождение имеют месторождения горючих ископаемых, бокситов, некоторые залежи железных руд, серы и др.

Отдельную группу составляют *метаморфические* процессы — переработка горных пород как эндогенного,

так и гипергенного происхождения под действием высоких давлений и температур. При этом известняки перекристаллизовываются в мраморы, глины превращаются в кристаллические сланцы с образованием новых минералов (граната, кианита) и т. д. По современным представлениям, метаморфизм обусловлен воздействием на породы горячих растворов в обстановке сильного сжатия и высокой температуры.

Примерное представление об условиях процессов минералообразования дают цифры, приведенные в табл. 1.

Минеральный состав любого участка современной земной коры — итог многих процессов, сменявших друг друга на протяжении геологической истории Земли, с участием *метасоматоза* — замещений минералов, происходивших иногда в масштабах многих кубических километров.

Минералообразующая среда почти всегда сложна и разнообразна по составу, а потому, казалось бы, должна порождать и множество самых различных минералов. В действительности, однако, всякий раз образуется определенный и немногочисленный комплекс; более того, многие близкие и даже одинаковые по составу минералы не появляются одновременно.

Таблица 1

*Давления и температуры процессов минералообразования*

Тип процесса	Давление, $\times 10^5$ Па	Температура, °С	Число образующихся минеральных видов, %
Интрузивный	6000—10 000 (в отдельных случаях до 50 000)	600—900 (до 1200)	12
Эффузивный	1—800	До 1500	10
Пегматитовый	4500—5500	400—700	22
Гидротермальный	2400—3500	50—400	43
Гипергенный*	Около 1	До 50—60	
Метаморфический	2200—17 000	450—950	12

\* При уплотнении и окаменении осадков температура может повышаться до 90—100°С, а давление — до  $800 \cdot 10^5$  Па.

Причина этого в том, что любые, в том числе и минералообразующие, процессы идут в сторону образования устойчивых, *равновесных* продуктов. А каждая минеральная конституция равновесна в определенном диапазоне условий — температур, давлений, состава минералообразующей среды. Вне этого диапазона те же компоненты дают другие минералы. Примером может служить уже знакомое нам (с. 49) разграничение областей существования высоко- и низкотемпературной модификаций кварца.

Протекая в различной обстановке, разные геологические процессы закономерно образуют разные минеральные комплексы. В сущности именно это делает возможными целенаправленные поиски минерального сырья: геологическая история района подсказывает, какие полезные ископаемые можно в нем найти. Некоторые минералы (кварц, полевые шпаты, пирит и др.), образующиеся в широком диапазоне условий, встречаются повсеместно; другие, как берилл, магнетит, галенит, возможны лишь в некоторых месторождениях; третьи, для образования которых нужны какие-то исключительные условия (например, алмаз), встречаются на земной поверхности и доступных глубинах лишь изредка. Число минеральных видов увеличивается с понижением температуры и давления (см. табл. 1). Очень многие вещества вообще не могут возникнуть в природных условиях; и хотя число известных минеральных видов постепенно возрастает, оно, по-видимому, никогда не будет сопоставимо с колоссальным числом веществ, получаемых искусственно.

Несмотря на избирательность к условиям своего образования, многие минералы, оказавшись впоследствии в совершенно иной обстановке, сохраняются без изменений. Иначе мы были бы начисто лишены возможности когда-нибудь увидеть их — по крайней мере, минералы эндогенного и метаморфического происхождения. Эта «консервативность» может быть обусловлена шириной диапазона устойчивости, охватывающего нормальные температуру и давление. Некоторые минералы в этих условиях теоретически неравновесны, однако восстановление равновесия идет настолько медленно, что время наблюдения (даже вся история человечества) слишком мало, чтобы обнаружить изменения. Для восстановления равновесия нужна затрата некоторой «энергии активации», своего рода первичный толчок, аналогичный тому, который выводит

из мертвой точки застрявший в ней маятник. Естественные энергетические воздействия, и особенно те, которые возможны вблизи земной поверхности, не всегда достаточны, чтобы выполнить роль такого толчка. Вообще же минералы в природной обстановке часто подвергаются глубоким изменениям — разложению, замещению, растворению (рис. 39). При домашнем хранении некоторые минералы тоже подвержены переменам, что вынуждает коллекционера принимать специальные меры для их сохранения. Об этом речь пойдет в одной из следующих глав.

На основании свойств минералов оказалось возможным рассчитать условия их образования в природе и создать важное для практики учение о парагенезисах — закономерных естественных сочетаниях минералов. Это направление в науке оказалось весьма плодотворным и успешно развивается. Передовая роль принадлежит здесь советским ученым — А. Н. Заварицкому, Д. С. Коржинскому и их ученикам, разрабатывающим термодинамическую теорию минералообразования.

Изучая процессы образования минералов, необходимо обращать внимание на особенности формирования минеральных индивидов и агрегатов. Природа и здесь проявляет поразительную изобретательность, порождающую многообразие форм, о котором говорилось в предыдущей главе. Мы не можем подробно останавливаться на этих вопросах и упомянем лишь об одном из способов кристаллизации, дающем кристаллы и друзы высокого качества и коллекционной ценности. Речь идет о «погребках» — особых полостях, где кристаллизация происходит за счет некоторого перепада температуры. В области высокой температуры происходит растворение зерен, мелких и несовершенных индивидов; из образующихся растворов в менее нагретой части полости растут те же минералы в виде крупных, хорошо ограненных кристаллов. «Погребки» встречаются в различных геологических образованиях. Промышленная технология, основанная на создании небольшого температурного перепада, широко применяется для выращивания высококачественных искусственных кристаллов кварца, некоторых самоцветов и др.

Уже на заре научной кристаллографии работы блестящих экспериментаторов А. Лавуазье (1743—1794), Н. Леблана (1742—1806), Т. Е. Ловица (1757—1804)

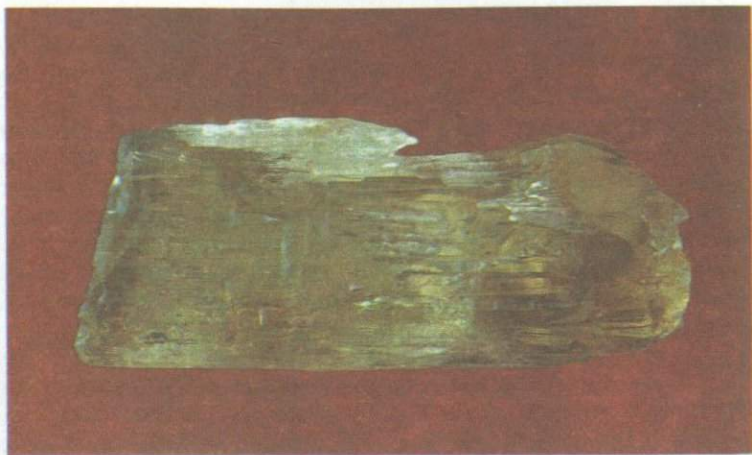


Рис. 39. Кристалл берилла со следами природного растворения.  
Украина.

показали, что условия роста кристаллов влияют на их внешний облик. С тех пор наукой накоплено огромное количество фактов, говорящих о связи облика и простых форм природных индивидов, типа и величины агрегатов с термодинамическими параметрами минералообразования — составом среды, ее температурой и давлением. Однако картина этого влияния очень сложна: форма растущих кристаллов чувствительна даже к такому трудно уловимому фактору, как незначительные примеси к раствору. До стройной теории здесь пока еще далеко, хотя попытки ее создания предпринято немало.

Сколько времени продолжается образование минералов? Это зависит от температуры и концентрации минералообразующей среды, скорости пополнения ее кристаллизующимся веществом, темпов реакций минералообразования. В кристаллизации могут наступать перерывы, рост кристаллов может сменяться их растворением. Для вырастания больших и маленьких индивидов требуется разное время, поэтому правильнее говорить о *скорости* роста минералов.

Природные кристаллы растут из подвижных сред — растворов, расплавов, паров. Даже когда кристалл образуется в твердой среде, рост происходит за счет окружаю-

щего его микроскопически тонкого «чехла» питающего раствора.

Универсальный природный растворитель минералов — вода. При обычных, «комнатных», условиях в 1 литре ее можно растворить 350 г галита, 2 г гипса, 0,013 г кальция; растворимость большинства других минералов ничтожна. Однако вода в глубоких недрах совсем не та, с которой мы имеем дело ежедневно. Она всегда содержит химически активные примеси и при высоких давлениях и температурах в сотни градусов становится «агрессивной средой», энергично действующей на многие минералы. Так, растворимость кварца может быть доведена до 120—160 г/л; в природных растворах эндогенного происхождения установлены его концентрации по крайней мере до 8 г/л; а ведь при обычных условиях в 1 л чистой воды удастся растворить не более 0,006 г этого минерала. Кроме того, образование минералов во многих случаях вызвано химическими реакциями между легко растворимыми веществами. При таких обстоятельствах скорость роста может стать вполне ощутимой.

Прямых данных о скорости роста минералов немного. Вот несколько примеров:

— выполнение кварцем трещины шириной 30 см (по расчету): 2,7 года (0,3 мм/сутки);

— выполнение гематитом трещины шириной 1 м (извержение Везувия\*): 10 дней (50 мм сутки, рост одновременно с обеих сторон трещины);

— рост кристаллов гипса (Сакское оз., Крым): 0,001—0,008 мм/сутки;

— рост арагонита из горячих источников (Карловы Вары, Чехословакия): 0,7 мм/сутки;

— рост кальцита из горячих источников (Камчатка): 0,0055 мм/сутки;

— рост оливина в расплаве базальта (Камчатка): 0,6 мм/сутки.

Дополнительную ценную информацию дает легко контролируемое выращивание искусственных минералов (миллиметры в сутки):

алмаз	1,6 — 3,2;	апатит	6,5;
корунд	0,3 — 365;	прусит	7;
кварц	0,06 — 40;	цеолиты	0,0005—0,015.

\* Образование гематита происходило из раскаленных паров по реакции:  $2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$ .

Вероятно, в выращивании кристаллов мы в чем-то опередили технологию природы, а в чем-то еще не научились подражать ей. И все же, проделав несложный подсчет, мы вправе допустить, что рост природных кристаллов кварца, вопреки распространенному представлению, мог продолжаться и относительно короткое время — всего лишь десятки лет; природные же алмазы, возможно, образовались за считанные сутки.

## МИНЕРАЛЫ В КОЛЛЕКЦИИ

Мир минералов — не только многоцветье красок и великолепие форм. Это еще и бесконечное разнообразие становления и развития. В истории царства минералов — насыщенной драматическими событиями геологической истории планеты — каждый индивид и каждый агрегат имеют личную биографию.

Жизнь минералов протекает долго и медленно, темп ее нам почти незаметен. И все же часто напрашивается невольное сравнение с живыми существами. Приглядитесь к ажурному дендриту: так неузнаваемо изменила кристалл «борьба за существование», приспособление к вынужденным условиям жизни, это — его цена за большие размеры.

Не случайно сходство известковых образований пещер с кустами и деревьями, колониями океанских кораллов: в первых специалист разглядит стремление к наилучшему газообмену, во вторых — к свету и воздуху, в третьих — к обилию пищи; и общее для всех — стремление захватить побольше «жизненного пространства», чтобы максимально реализовать возможности роста. Наверно, такие широкие сопоставления привели Гёте, считавшего, что «наука развилась из поэзии», к глубокой мысли об универсальности форм созданий Природы.

А созидает Природа экономно и основательно, не допуская брака и отходов. Здесь все надежно пригнано одно к другому, везде безупречная организованность, четкий порядок. В каждом кристалле поражает безукоризненная гармония архитектуры форм с внутренним устройством и климатом среды обитания; каждый агрегат — пример взаимодействия и самоорганизации коллектива индивидов. В основе красоты природы лежат незыблемые, математически строгие законы целесообразности; умеющий увидеть

и почувствовать это — настоящий натуралист, любитель в истинном смысле слова.

\* \* \*

Минералогическая коллекция — это собрание образцов минералов, составленное и систематизированное в соответствии с определенным тематическим замыслом. Общепринятое выражение «образец» не совсем точно выражает существо дела: любой минералогический экспонат, представляя те или иные минеральные виды и морфологические типы, вместе с тем уникален. На эту сторону собиратель всегда должен обращать самое пристальное внимание.

Уникальностью предметов коллекционирования и их исключительно природным происхождением определяют особенности минералогических коллекций. Коллекционная ценность экспоната всегда зависит от количества добытых образцов и резко возрастает, если природные запасы минерала невелики или сильно истощены. Отдельные редкие минералы (драгоценные металлы и некоторые драгоценные камни) являются валютными ценностями; добыча и сбор для коллекций частными лицами таких минералов запрещены законом.

Кроме самостоятельных сборов, образцы минералов можно приобретать в некоторых магазинах, а также путем обменов с другими коллекционерами. Обмен ведется по взаимному соглашению и бывает успешным при условии компетентности обоих партнеров. Затруднения возникают, когда под впечатлением трудностей добычи особенно высоко ценятся образцы, собранные собственноручно, а остальные оцениваются слишком поверхностно; впоследствии приходится сожалеть об упущенных возможностях. Среди многих коллекционеров существует прекрасная традиция дарить друг другу понравившиеся образцы и делиться привозимым с месторождений материалом.

Темы коллекционирования могут быть разными. Можно, например, поставить целью собрать побольше минеральных видов в широком разнообразии форм, окрасок и т. д. В таких коллекциях (назовем их систематико-морфологическими) внимание сосредоточено главным образом на внешности минералов, что как раз больше всего привлекает коллекционера; здесь он в полной мере может проявить свой вкус и творческую индивидуальность.

Учитывая редкость большинства минералов, можно считать уже довольно большой коллекцию из 350—400 минеральных видов. Представлены они обычно неравномерно: минералы существенно различаются по морфологическому разнообразию, да и по доступности для собирателя. Коллекция указанного объема может содержать от нескольких сотен до 1—1,5 тысячи образцов и более.

Хорошие образцы минералов обычно добываются попутно при промышленной разработке полезных ископаемых. Там, где она ведется, излюбленная тема коллекций — минералы «своего» месторождения. Жителям горняцких городов и поселков нередко удается собрать великолепные коллекции местных минералов. Многие из них впоследствии составляют основу рудничных музеев и попадают в государственные собрания.

В такой «минералогический рай» неизменно стремятся и любители, живущие вдали от крупных горнодобывающих предприятий и прославленных старинных копей. Однако и у себя дома можно найти немало интересного, систематически и тщательно изучая родные места. Поучительный пример — Подмосковье, на территории которого энтузиастами-минералогами и любителями выявлены десятки минералов и среди них такие, казалось бы, для этих мест экзотические, как галенит, халькопирит, малахит, флюорит, пиролюзит, целое семейство редких фосфатов железа. Правда, они представлены довольно скромными образцами. Зато здешние халцедоны и агаты, кальциты и кремни, щетки горного хрусталя и аметиста способны украсить даже витрину солидного минералогического музея и составляют настоящую достопримечательность Подмосковья.

Следует упомянуть о коллекциях чисто систематических, где каждый минеральный вид представлен одним-двумя образцами; морфологических, демонстрирующих систематику минеральных индивидов и агрегатов; онтогенетических, показывающих связь морфологии минералов с условиями их образования; научных и учебных коллекциях; специализированных собраниях — минералов-самоцветов, поделочных камней, рудных минералов.

Собирательство — дело творческое и, конечно, не терпит каких бы то ни было «стандартов».

Любая коллекция интересна, если она представительна и выразительна.

Представительная коллекция та, которая с возможной полнотой отражает выбранную тему и в рамках этой темы содержательна и разнообразна. Если же интересы коллекционера ограничиваются десятком звучных названий — как правило, общеизвестных самоцветов, — то итогом становится коллекция, скучная по содержанию, в конечном счете банальная и в эстетическом отношении. В равной мере о невзыскательном вкусе говорит противоположная крайность — погоня за числом минеральных видов при безразличии к качеству образцов; это — тоже «коллекционирование названий».

Самые труднодоступные — и потому самые желанные — редкие минералы. Но для тех, кто умеет искать и замечать, природа все же приоткрывает свои тайники, хотя и делает это порой очень неохотно. Целое столетие несколько изящных кристаллов бората алюминия еремеевита из Забайкалья были на положении уникальных. Но в конце концов находки легендарного еремеевита были все же повторены (на сей раз в Намибии). Не раз оказывалось, что «сверхредкий» минерал просто не замечали или принимали за что-нибудь другое. Так, первые в нашей стране находки хороших кристаллов редкого бариевого цеолита гармотома были сделаны благодаря любителям, обратившим внимание на необычный вид «обычного гейландита». Подобные сюрпризы в «поле» и даже в собственной коллекции — явление вовсе не исключительное. И это требует от собирателя внимательности и хорошего знания минералов.

Прямое отношение к представительности коллекции имеет ее точное документирование; к этому вопросу мы еще вернемся.

Чтобы коллекция была выразительной, внешние минералогические особенности экспонатов должны быть проявлены наглядно, а стало быть, и эстетично. «Нужно известное художественное чутье, чтобы взятый образец по своим соотношениям форм и красок оттенял именно тот минерал, для которого он взят», — отмечал А. Е. Ферман. Но даже с первоклассным природным материалом приходится иной раз основательно поработать, чтобы как следует его «подать» — превратить в коллекционный экспонат. Не последнюю роль играет и умелое размещение образцов в коллекции. Однако некоторые коллекционеры, не мудрствуя лукаво, решают проблему выразительности

за счет внушительных размеров буквально всех образцов. Центральный принцип коллекционера-минералога: выразительность экспонатов основана исключительно на их природных достоинствах. Она не имеет ничего общего с рукотворными «друзами», «горками» и т. п., в которых сочетается совсем не то и не так, как в природе. Хороший образец — самостоятельная эстетическая ценность. Сходство с елочкой, медвежонком и т. п. не дает ему в этом смысле каких-либо особых преимуществ и едва ли может становиться самоцелью. Обтачивать же, подрезать и вообще уродовать образец ради придания упомянутого сходства и вовсе недопустимо.

Извечный враг выразительности — обезображивающие экспонат царапины, трещины, поломки кристаллов — обычный итог неаккуратности и спешки в обращении с образцами.

Выразительность подразумевает лаконичность коллекции. Собрание минералов сильно проигрывает, будучи обременено маловыразительными, неряшливыми обломками. От коллекционера требуются самокритичность и мужество отказываться от лишнего — даже от ценного образца, если появился лучший.

На деле, однако, не всегда легко решить, какой образец хорош, а какой зауряден. Понимание эстетики камня и элементарные познания в минералогии — необходимое, но еще недостаточное условие для правильных суждений; нужно иметь представление о лучших находках минерала и знать, за что именно они ценятся. Способность видеть грань между хорошими и лучшими образцами дается опытом и справедливо считается признаком зрелости и эрудиции коллекционера. Начинающему же любителю будет полезен совет, с которым обратился к своим читателям американский минералог и коллекционер Дж. Синканкас: «Хотя опыт — лучший учитель, его уроки можно сделать не столь дорогими, советуясь с более искусственными коллекционерами».

Природные формы минералов глубоко индивидуальны. Далеко не все минералы образуются в условиях, благоприятных для вырастания крупных кристаллов и друз; для многих это редчайшее исключение, а некоторым суждено увидеть свет не иначе, как в сплошных зернистых массах или даже в отдельных зернышках, вкрапленных между индивидами других минералов. Великолепные кри-

## Размеры некоторых природных кристаллов

Минерал	Распространенность	Размер музейных кристаллов, см	Редкие находки	
			размер, см	место находки
Самородная сера	Распространен	3—4	25—30	Поволжье
Пирит	»	5—7	25—30	Акчатау, Казахстан
Галенит	»	3—4	10—15	Корнуолл, Англия
Антимонит	»	10—15	30	Панаскуэйра, Португалия
Сфалерит	»	3—4	12—15	Забайкалье
Куприт	»	1—1,5	3—4	Тсумеб, Намибия
Хризоберилл	Редок	1—3	10	Урал
Анаказ	»	1—1,5	4,5	Биннталь, Швейцария
Альмандин	Распространен	3—7	15—30	Кейвы, Кольский полуостров
Андрадит	»	2—4	10—12	Гора Высокая, Урал
Гроссуляр	»	1—2	5—6	Лянгар, Узбекистан
Спессартин	Малораспространен	1—3	5—6	Средний Урал
Уваровит	Редок	0,3—0,5	1,5—2	Оутокумпу, Финляндия
Аксинит	Малораспространен	2—3	22	Байя, Бразилия
Данбурит	»	3—4	30	Дальнегорск, Приморье
Гемиморфит	»	1—1,5	2,5	Мапими, Мексика
Эпидот	Распространен	3—4	100	Зеленцовская копь, Южный Урал
Азурит	»	2—5	25	Тсумеб, Намибия
Церуссит	Малораспространен	3—5	60	»
Родохрозит	»	0,5—1	12	Колорадо, США

сталлы и друзы кварца известны всем и почти наверняка найдутся в любой коллекции. А другой широко распространенный минерал — гётит — образует скрытокристаллические и тонкозернистые агрегаты; друзы его настолько редки, что многим коллекционерам приходилось видеть их только на картинке. Форма и размеры минералов связаны и с особенностями месторождения. В гранитных пегматитах более или менее обычные индивиды кварца в десятки килограммов, и в то же время находкой кристаллов всего в 2—3 см в известняках Средней России вправе гордиться даже опытный коллекционер. Скромная величина некоторых минералогических «рекордсменов», как и внушительные размеры других (табл. 2), возможно, будут для читателя неожиданностью.

Разобравшись в морфологических особенностях минералов, коллекционер не станет напрасно тратить время на нереальные цели, например на поиски крупных кристаллов малахита. Он будет избегать вольного обращения с терминами, порождающего нелепые недоразумения. Как часто, например, другу пластинчатых индивидов нарекают красивым именем «роза», забывая, что это название относится лишь к особому типу расщепленных кристаллов!

\* \* \*

Особая и почетная сфера деятельности коллекционера-минералога — сотрудничество с музеем. Будем хранить традиции лучших коллекционеров прошлого, считавших процветание национальных музеев своей кровной заботой. Создание и поддержание государственных коллекций — наше общее дело! Посильный вклад в него может внести каждый любитель. Это стало бы поистине исторической заслугой огромной армии энтузиастов-коллекционеров перед нашей наукой и культурой. Забота не останется без ответа: музей — это то место, где можно показать и определить свои находки, узнать много интересного, получить научную консультацию.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Популярные книги о минералах

*Ферсман А. Е.* Занимательная минералогия. Книга издавалась неоднократно; одно из лучших изданий выпущено в 1937 г. Издательством детской литературы в Москве.

*Ферсман А. Е.* Путешествия за камнем. М., Наука, 1974.

*Ферсман А. Е.* Воспоминания о камне. М., Молодая гвардия, 1974.

*Ферсман А. Е.* Рассказы о самоцветах. М., Наука, 1974.

*Соболевский В. И.* Замечательные минералы. М., Просвещение, 1971.

*Яковлев А. А.* Минералогия для всех. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1947.

*Здорик Т. Б.* Здравствуй, камень! М., Недра, 1975.

*Здорик Т. Б.* Приоткрой малахитовую шкатулку. М., Просвещение, 1979.

*Жабин А. Г.* Жизнь минералов. М., Советская Россия, 1976.

*Банк Г. В.* В мире самоцветов. М., Мир, 1979.

### Учебники минералогии

*Смольянинов Н. А.* Практическое руководство по минералогии. М., Недра, 1972.

*Лазаренко Е. К.* Курс минералогии. М., Высшая школа, 1971.

*Годовиков А. А.* Минералогия. М., Недра, 1975.

*Бетехтин А. Г.* Курс минералогии. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Популярные издания для первого чтения по смежным наукам

*Обручев В. А.* Основы геологии. М., Изд-во АН СССР, 1956.

*Лебедев А. П., Лебединский В. И.* Популярная петрография. М., Наука, 1968.

*Ходаков Ю. В.* Архитектура кристаллов. М., Просвещение, 1970.

*Банн Ч.* Кристаллы. Их роль в природе и науке. М., Мир, 1970.

*Шаскольская М. П.* Кристаллы. М., Наука, 1978.

*Шаскольская М. П.* Очерки о свойствах кристаллов. М., Наука, 1978.

### Курсы для самообразования

*Общая геология.* Под ред. Г. Д. Ажгирея, Г. П. Горшкова, Е. В. Шанцера. М., Просвещение, 1974.

*Белоусова О. Н., Михина В. В.* Общий курс петрографии. М., Недра, 1972.

*Флинт Е. Е.* Начала кристаллографии. М., Госгеолтехиздат, 1952.

*Флинт Е. Е.* Практическое руководство по геометрической кристаллографии. М., Госгеолтехиздат, 1956.

*Попов Г. М., Шафрановский И. И.* Кристаллография. М., Высшая школа, 1972.

*Шаскольская М. П.* Кристаллография. М., Высшая школа, 1976.

*Костов И.* Кристаллография. М., Мир, 1965.

## Справочная литература

*Минералы.* Справочник. Многотомное издание; к настоящему времени опубликованы тома I—III.

Том I. Самородные элементы. Интерметаллические соединения. Карбиды, нитриды, фосфиды. Арсениды, антимониды, висмутиды. Сульфиды. Селениды. Теллуриды. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Том II. Выпуск 1: Галогениды. М., Изд. АН СССР, 1963. Выпуск 2: Простые окислы. М., Наука, 1965. Выпуск 3: Сложные окислы, титанаты, ниобаты, танталаты, антимонаты, гидроокислы. М., Наука, 1967.

Том III. Выпуск 1: Силикаты с одиночными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами. М., Наука, 1972.

*Бетехтин А. Г.* Минералогия. М., Госгеолтехиздат, 1950.

*Минералы и горные породы СССР / Т. Б. Здорик, В. В. Матиас, И. Н. Тимофеев, Л. Г. Фельдман.* М., Мысль, 1970.

### Литература по онтогении минералов

*Григорьев Д. П.* Онтогения минералов. Львов, Изд-во Львовск. ун-та, 1961.

*Григорьев Д. П., Жабин А. Г.* Онтогения минералов. Индивиду. М., Наука, 1975.

*Жабин А. Г.* Онтогения минералов. Агрегаты. М., Наука, 1979.

*Леммлейн Г. Г.* Морфология и генезис кристаллов. М., Наука, 1973.

### Минералогические журналы

*Записки* Всесоюзного минералогического общества. М., Наука.

*Новые данные о минералах /Труды Минералогического музея АН СССР.* М., Наука.

*Минералогический журнал.* Киев, Наукова думка.

# КАК ИЩУТ и СОБИРАЮТ МИНЕРАЛЫ



Где можно собрать образцы минералов?

Ценные и интересные находки может дать изучение малоисследованной местности — минералогической «целины». Такие поиски рано или поздно приносят важные результаты и честь первых находок. Однако рассчитывать на определенный и быстрый успех, как правило, не приходится; систематическая краеведческая работа ведется годами.

Располагая ограниченным временем, лучше использовать его на известных объектах — действующих или отработанных карьерах, старательских копах, разведочных канавах, ямах, шурфах, а также на тех естественных

геологических обнажениях в скалах, руслах и берегах рек, оврагах и т. д., где была замечена интересная минерализация.

В такие места, называя их кратко «полям», чаще всего и отправляется минералог для пополнения коллекции. По собственному опыту зная, как дорого время в «поле», он старается всю предварительную работу без лишней спешки проделать дома: в тщательной и всесторонней подготовке — залог будущих успехов.

### ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ В ПОЛЕ

Что нужно сделать дома? Первое: собрать побольше сведений о месторождении, чтобы не пришлось работать на нем вслепую. Второе: продумать план действий — это позволит свести к минимуму непроизводительные потери драгоценного времени. Третье: подготовить и привести в безупречное состояние «материальную часть» — инструмент, снаряжение и десятки нужных мелочей.

Посещение месторождения не только сулит пополнение коллекции, но и служит важным уроком для минералог-любителя. Неоценимую возможность самому увидеть минералы в их родной стихии не заменит ни одна книга. Но чтобы увидеть, надо знать, на что следует обратить внимание. О том, где конкретно искать образцы, тоже надо иметь представление заранее, иначе много времени уйдет впустую. Словом, следует познакомиться — по книгам и статьям — с геологией и минералогией месторождения, и как можно подробнее. Особое внимание следует обратить на морфологию и парагенезисы минералов и, разумеется, на минералогические редкости. Нужные сведения надо выписать в тетрадь или записную книжку.

Желательно получить от побывавших на месторождении лиц сведения о местах и условиях залегания минералов, ориентирах и технике их сбора, погоде, бытовых условиях, посмотреть добытые образцы.

В плане следует наметить задачи работы, состав участников, потребность в инструменте и снаряжении, сроки и способы переезда с места на место, смету расходов. На сборы образцов в течение всего дневного времени можно рассчитывать только в 2—3-дневных экскурсиях. Если же предполагается длительный поход, необходимо

Рис. 40. Геологический

инструмент:

а, б — молотки;

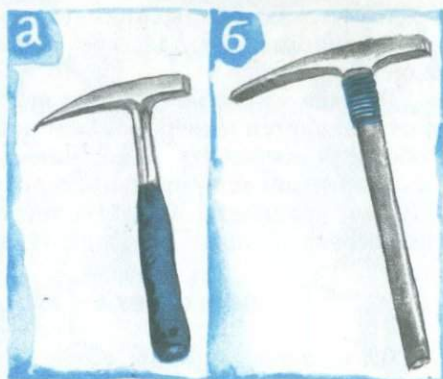
в, г — кувалды;

д — кирка;

е — гребок;

ж, з — зубила;

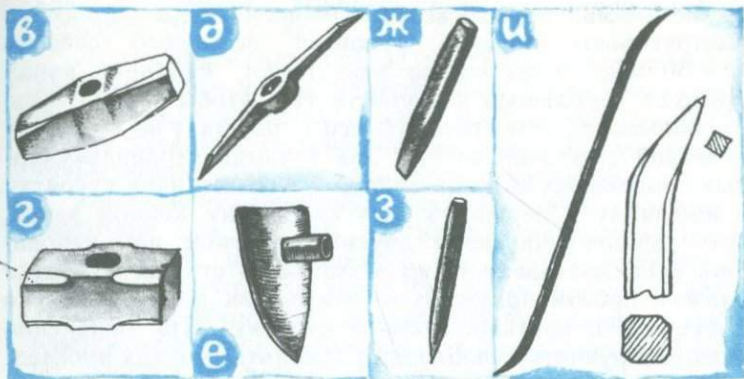
и — «коготок»



отвести время на полноценный отдых и регулярное питание; слишком напряженный режим может быстро довести участников до полного изнеможения. Остановиться лучше в ближайшем населенном пункте — тогда отпадут надобность в громоздких и тяжелых вещах (палатки, спальные мешки и пр.), необходимых в полевом лагере, и связанные с проживанием в нем дополнительные траты времени.

**Инструмент и снаряжение.** В технический арсенал собирателя входят следующие предметы:

- геологический молоток;
- кувалды массой 2—3 кг (на каждого участника) и 4—5 кг (одна на двух-трех человек);
- кирка;
- гребок;
- геологические зубила (2—5 шт.);
- молоток для чернового препарирования образцов;
- препараторское зубило;
- лопата малая саперная;
- ломы — прямой и «коготок»;
- лупа 10-кратная, на шнурке;
- рюкзаки (2 шт.);
- полевая сумка;
- упаковочные материалы;
- щетка волосяная жесткая;
- клей в тюбике;
- рукавицы или перчатки;
- фотоаппарат, складной нож, записная книжка или тетрадь в клетку, карандаш, шариковая ручка.



Инструмент подбирается в зависимости от предстоящей работы; практически всегда требуются геологический молоток, малая кувалда, гребок, зубила, «коготок», лупа.

Качеству инструмента следует уделить самое пристальное внимание — от этого будет зависеть его производительность; в случае же поломки инструмента в поле заменить его нечем. Важно изготовить инструмент правильно, из качественных материалов и содержать его в исправном состоянии.

В практике собирателей минералов хорошо зарекомендовали себя *геологические молотки* массой 600—700 г на деревянной или пластиковой рукоятке длиной 40—45 см (рис. 40, а, б), удобные для работы в стесненных пространствах. Самодельный молоток отковывают из инструментальной стали У8 или другой марки с высокой твердостью и ударной вязкостью. Овальная проушина под рукоятку помещается по центру тяжести и в верхней части должна иметь расширение на 3—4 мм. После окончательной доводки молоток должен иметь длину 180 мм, плоский квадратный боек 25×25 мм с четкими ребрами и клюв с заточенной кромкой шириной 12—15 мм. Закалкой и отпуском твердость бойка доводится до 52—56 единиц по Роквеллу (не царапается напильником), клюва — до 48—50 единиц.

Для рукояток годится свежая, без признаков порчи, прямослойная древесина вязких и прочных пород (кизил, клен, при отсутствии их — рябина или береза). Заготовки двойной-тройной длины просушивают в помещении по крайней мере несколько недель при комнатной температу-

ре, не снимая коры. Растрескавшиеся концы удаляют и выстругивают прямую рукоятку овального сечения  $12 \times 30$  мм; торцы слегка закругляют. Верхнему концу придают небольшую конусность так, чтобы можно было без большого усилия вставить его в проушину на 1—1,5 см, и тонкой ножовкой делают два взаимно перпендикулярных продольных надреза длиной 2,5 см. Вставив рукоятку в проушину и держа на весу свободным концом вверх, постукиванием по нему другим молотком или небольшой кувалдой насаживают молоток до отказа. Рукоятка должна пройти проушину насквозь или даже несколько выступить с противоположной стороны. При появлении трещины рукоятку необходимо заменить, так как впоследствии трещина неизбежно будет увеличиваться, может оставлять занозы и защемлять ладонь.

Расклинив надрезы стамеской или зубилом, забивают в них до отказа дубовые или буковые клинья — сначала продольный, затем поперечный. Выступающий конец отрезают заподлицо с молотком, укорачивают рукоятку до нужного размера, слегка закругляют на конце и шлифуют шкуркой. Красить или лакировать ее не следует. Для защиты от повреждений верхнюю часть рукоятки полезно снабдить бандажом из мягкой стальной проволоки диаметром 0,5—0,8 мм.

Удобные конструкции *кувалд* показаны на рис. 40, в, г. Слегка выпуклые бойки позволяют сконцентрировать удар на небольшой площади, а фаски предохраняют углы кувалды от скалывания. Кувалда массой 2—3 кг снабжается рукояткой длиной 45—50 см, сечением  $15 \times 35$  мм, кувалда массой 4—5 кг — рукояткой 65—80 см, сечением  $20 \times 40$  мм. Изготавливают кувалды из тех же материалов, что и молотки, и термообработкой доводят твердость до 48—50 единиц.

*Геологическое зубило* делается из инструментальной углеродистой или легированной стали, имеет длину 150—200 мм и рабочую кромку 12—15 мм. Можно использовать и обыкновенное слесарное зубило, сточив оба ребра рабочей кромки (см. рис. 40, ж). Для работы в породах невысокой твердости полезно зубило с рабочей кромкой шириной 6—8 мм, для выбивания отдельных кристаллов и других «тонких» работ — с кромкой в 3—5 мм. Рабочий конец необходимо хорошо закалить. В любительской практике применяются также зубила

круглого сечения с коническим острием (типа слесарных кернеров, см. рис. 40, з).

*Ломик* изготавливают из прутка углеродистой стали диаметром 18—20 мм, длиной 60 см. Один конец следует отковать или заточить плоским клином под углом  $20^\circ$  и слегка закалить. Надеваемый на ломик отрезок стальной трубы может служить удлиняющей насадкой.

Инструмент, известный под названием «фомки» или «коготка» (см. рис. 40, и), изготавливается из углеродистой стали шестигранного или квадратного сечения. Концы отгибаются на длине 25—30 мм под углом  $30^\circ$ , затачиваются острой четырехгранной пирамидой и закаливаются. «Коготок» применяют как рычаг с опорной точкой на сгибе. Калифорнийские старатели образно именуют его «карманным взломщиком» («карманы» — полости с кристаллами минералов).

*Гребок* (см. рис. 40, е) заимствован из старательской практики и усовершенствован московским минералогом В. И. Степановым. Размер гребка  $220 \times 100$  мм. Его делают из прочной листовой стали толщиной 2—2,5 мм, края затачивают с внешней стороны. Гребок насаживают на рукоятку овального сечения длиной 70—80 см посредством приваренного слегка не по центру отрезка стальной трубы, сплющенной до овальной формы.

Для черногового препарирования нужны зубило  $100 \times 12$  мм с заточкой под  $45^\circ$  и слесарный молоток массой 200—250 г с квадратным бойком на рукоятке в 25—30 см.

Новые молотки и кувалды необходимо испытать, раскалывая резкими сильными ударами твердые и вязкие горные породы — кварцит, мелкозернистый гранит и т. п. Появление на инструменте сколов с зернистой поверхностью свидетельствует о неправильном выборе материала или чрезмерной закалке. Такой инструмент непригоден, так как он будет выкрашиваться при ударе, образуя разлетающиеся с большой силой осколки.

Побывавший в употреблении инструмент следует тщательно осмотреть и убедиться в отсутствии трещин. Форму слегка расплющенного бойка можно восстановить заточкой, снимая слой не более 1—1,5 мм, иначе может обнажиться незакаленная сердцевина. При заточке следует избегать перегрева, снижающего твердость инструмента.

Расшатанные рукоятки укрепляют, заменив поперечный клин или забив дополнительный. На этот случай в поле нужна пара запасных клиньев, а в длительной поездке не помешает и запасная рукоятка. Замачивание инструмента лишь временно устраняет «люфт» и ведет к разрушению древесины рукоятки. Треснувшие рукоятки подлежат замене.

Молотки зубила, кувалды при интенсивной работе могут выходить из строя уже за 2—3 сезона, и следует своевременно позаботиться о замене.

Своими силами можно выполнить (в том числе и в поле) небольшие ковочные и закалочные работы — восстановить выкрошившееся зубило, «коготок» и др. Инструмент нагревают (в костре на углях) до светлого вишнево-красного каления на длине 10—12 см и куют молотком, используя головку кувалды как наковальню. Для закалки инструмент после такого же разогревания на 5—6 секунд опускают в воду на 2 см. Затем на закаливаемом конце быстро зачищают напильником или любым абразивом полосу длиной 2—2,5 см и наблюдают на ней цвета побежалости: по направлению к концу инструмента передвигаются, сменяя друг друга, бледно-желтый, соломенно-желтый, коричневый, пурпурный, синий пояски. Как только бледный соломенно-желтый поясок достигнет последних 10—12 мм, инструмент целиком погружают в воду.

*Упаковочные материалы:* 1) бумага сорта «крафт», оберточная или обыкновенная газетная; 2) мешочки размером 12×18 см из бязи, брезента, байки; 3) бумажные салфетки, банки, коробки для хрупких образцов; 4) пенопласт толщиной 8—10 мм; 5) фанерные посылочные ящики объемом около 10 дм<sup>3</sup> (удобнее перевозить их в разобранном виде).

*Рабочая одежда:* легкие, удобные, немаркие брюки и куртка с карманами, плащ, удобный головной убор, пластмассовая горняцкая каска. *Обувь* должна быть прочной, слегка разношенной, на толстой подошве, позволяющей ходить по камням, лучше всего — кирзовые сапоги или туристские ботинки. Пригодится и пара сменной обуви — кеды или ботинки. Кожаную обувь следует вымыть, тщательно просушить и для повышения прочности, эластичности и водоупорности 2—3 раза пропитать специальной жировой смазкой или касторо-

вым маслом, особое внимание обращая на швы, ранты и все места, где смазка быстро впитывается в кожу.

Для чистки образцов и ухода за одеждой и обувью нужна жесткая щетка, на случай ремонта одежды или рюкзака — иголка и запас прочных ниток, крученой капроновой лески, шпагата, прочной веревки.

В группе участников должна быть аптечка доврачебной помощи с желудочными, сердечными, противопростудными, кровоостанавливающими и перевязочными средствами (бинт, вата, настойка иода в ампулах, бактерицидный пластырь). Все участники должны ознакомиться с правилами оказания первой помощи при распространенных желудочных, простудных заболеваниях и мелких травмах (ушибах, небольших ранениях и т. п.).

В поле нужна пара вместительных рюкзаков с широкими прочными лямками: один — для сбора минералов, другой — для хранения вещей и собранных образцов; на обратном пути его можно использовать как дополнительную тару.

#### ПРАКТИКА ПОЛЕВОЙ РАБОТЫ

Наступает долгожданный день, когда можно ехать в поле. Дальше все будет зависеть от наблюдательности и расторопности собирателя, его умения использовать свою «технику», от воли и упорства в достижении цели. А пока напряженные предотъездные хлопоты остались позади, и в дороге можно предаться мечтам и надеждам, предвкушая близкое удовольствие от любимого дела.

Теперь, наверное, самое время напомнить о необходимости *бережного отношения к геологическим объектам*. И особенно к тем, где не ведутся постоянные горные работы. Одной-двух массовых экскурсий может оказаться достаточно, чтобы разнести в пух и прах небольшое по размерам обнажение. Наиболее ценные геологические объекты охраняются как памятники природы, но много интереснейших копей, пещер, естественных обнажений все еще с угрожающей быстротой опустошаются беспорядочными раскопками. Помните, что сохранение ценных природных объектов зависит от вас самих. Не допускайте бессмысленных разрушений, не стремитесь «наколотить» трофеев как можно больше, избегайте всего, что может

испортить обнажение, сделать его непригодным для следующих посещений. Добыча минералов — средство коллекционирования, а не его цель; выражаясь словами В. Солоухина, «что бы ни собирал настоящий собиратель, он должен быть прежде всего охотником. Охотником, а не промысловиком».

С чего начать? Если место работы находится далеко от жилья, придется разбить полевой лагерь, и сделать это нужно со всей тщательностью: выбрать вблизи источника пригодной для питья воды сухое место, защищенное от сильного ветра; палатки поставить на ровных горизонтальных площадках, очищенных от камней, сучьев, пеньков и покрытых лапником, травой, соломой. «Кострище» устраивают с подветренной стороны не ближе чем в 5—6 м от палаток и на безопасном удалении от деревьев. Сняв слой дерна, вбивают в землю две деревянные рогульки, кладут на них жердь для подвешивания посуды и обносят кострище невысокой стенкой из камней или земли. В безлесной местности можно готовить пищу на туристских примусах. Помните о правилах бережного отношения к лесу: употребляйте лесной сухостой, валежник, отходы санитарной рубки, не трогая свежих деревьев; горящий костер не оставляйте без присмотра, перед уходом не забудьте потушить его или засыпать землей, а мусор — сжечь или закопать.

На посещение действующего горного предприятия требуется разрешение, за которым следует обратиться в геологический отдел рудника. Здесь можно запастись свежими сведениями и ознакомиться с коллекцией минералов и горных пород месторождения. В свою очередь любители должны помнить об интересах местной геологической службы; сделанные ими наблюдения и находки могут иметь значение для освоения месторождения.

В первое посещение производят так называемый рекогносцировочный, предварительный осмотр, знакомясь с месторождением и намечая места для предстоящей работы. Желательно, чтобы осмотр сопровождался пояснениями кого-нибудь из местных геологов.

Сбор минералов ведут в первой половине дня, строго учитывая расписание взрывных работ, во время которых находиться на руднике нельзя. Вторую половину дня оставляют для приведения в порядок собранного материала. В ненастную погоду можно заняться уходом за снаря-

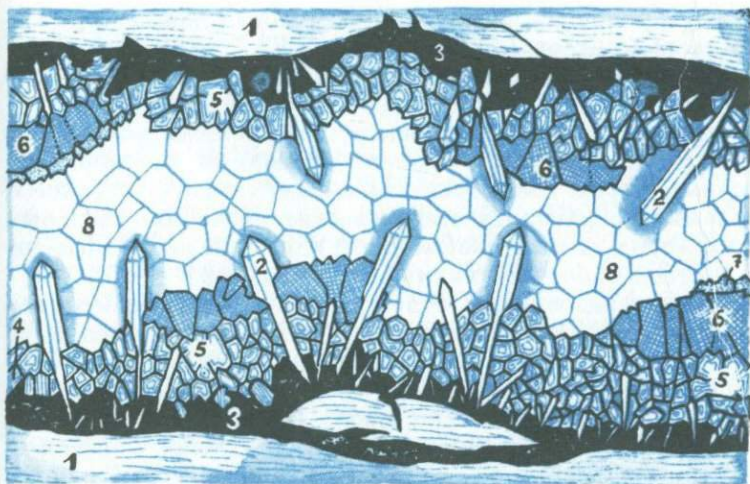


Рис. 41. Минерализованная полость в гидротермальной жиле; 1 — вмещающая порода; 2 — кварц; 3 — сфалерит; 4 — арсеницит; 5 — родохрозит; 6 — галенит; 7 — халькопирит; 8 — кальцит

жением, записью наблюдений, просмотром и отправкой образцов.

Где искать образцы минералов? Найти «точку», богатую коллекционным материалом, — непростое дело. Такие находки чаще всего делаются случайно, хотя со временем опыт направляет собирателя в нужную сторону. «В поисках минералов, — писал А. Е. Ферсман, — играет роль не только увлечение, азарт, удача или «фарт», как говорят старатели золота на Урале. Нет, поиски минералов связаны с глубоким, часто инстинктивным, пониманием природы, умением по мелким признакам догадаться о том, что можно найти».

Расположение мест, где вероятны интересные находки, зависит от генетического типа месторождения. В связи с этим «теоретический минимум» любителя включает основы учения о месторождениях, а программа подготовки к «полю» — изучение конкретных поисковых признаков. Здесь мы ограничимся несколькими примерами.

Коллекционерами более всего ценятся штуфы — минералы с куском породы-основания, отдельные индивиды и друзы с кристаллическими гранями. Их можно встретить в различного рода полостях горных пород и жил,

где существовали благоприятные условия для свободного роста кристаллов (рис. 41).

Полости различного происхождения могут иметь размеры от первых сантиметров до сотен метров и более. К самым крупным относятся карстовые пещеры, возникшие при выщелачивании подземными водами растворимых горных пород. За полостями в пегматитах и рудных залежах сохранились старательские названия: «занорыши», «продушины», «карманы» и т. д. Небольшие полости с плотной оболочкой называются жеодами.

Минерализованные полости чаще всего размещены вблизи контактов разнородных геологических тел и в «раздувах» жил. Когда они вскрываются горнопроходческими работами или при естественном выветривании горных пород, часть интересного материала попадает в осыпи у основания обнажения. Сама полость нередко маскируется грунтом, щебнем, остатками растительности, может быть заполнена кальцитом или другим карбонатом, скрывающим кристаллы на стенках. Свободное пространство занорыша гранитного пегматита обычно заполнено влажной глиной, которая может содержать хорошие кристаллы (особенно светлая глина). Темная глина состоит из продуктов разложения вмещающих пород, занесенных в полость извне. Расположенные на стенках кристаллы иногда обтянуты сероватым чехлом «горной кожи».

В скальных обнажениях нужно обращать внимание на пятна, выделяющиеся на общем фоне несколько более светлой окраской или более грубозернистым строением. Это свидетельствует об изменении породы в результате переработки ее минерализующими растворами и может быть признаком находящейся вблизи полости. Старые обнажения пегматитов может выдавать более обильная растительность по сравнению с окружающей местностью.

В районах медного и свинцово-цинкового оруденения несколько приподнятое над окружающей поверхностью скопление бурого лимонита (гидроокислов железа) может оказаться «железной шляпой» — верхней частью окисленной сульфидной залежи. Здесь можно найти образцы гемиморфита, смитсонита, азурита, малахита и других минералов, характерных для зон окисления.

В осадочных породах перспективны контакты различных слоев. В известняках к ним приурочены кремни,

агаты, кварцевые и кальцитовые жеоды, палыгорскит, целестин и другие минералы; в глинах — кристаллы гипса, конкреции ярозита и пирита.

Наряду с обнажениями горных пород, для коллекционера представляют интерес отвалы горного предприятия. Доступная осмотру поверхность здесь несравненно обширнее, а в кусках породы удастся найти неповрежденные образцы. Там, где нет полостей-кристаллизаторов, разборка отвалов иной раз быстрее приводит к цели, чем работа на обнажениях. Отвалы служат единственным источником коллекционного материала на месторождениях, обрабатываемых закрытым способом, так как в подземные выработки любители, как правило, не допускаются. Несмотря на трудоемкость расчистки от почвы и растительности, часто имеет смысл и разборка старых отвалов — они могут содержать участки рудных тел, некогда считавшиеся невыгодными для разработки, и не интересовавшие прежних горняков минералы. Сохранились сведения, что в пору лихорадочного освоения серебряно-цинковых месторождений на о. Тасмания (90-е годы прошлого века) попадались кристаллы крокоита размером до 30 см! Тогда этим находкам не придавали значения и в общей массе отправляли в плавку или сбрасывали в отвалы; ныне же и в 10 раз меньшие кристаллы этого высоко ценимого коллекционерами минерала исключительно редки.

Старый заросший отвал выдает плоская горизонтальная вершина, некогда служившая площадкой для разгрузки отвального транспорта. Старый отвальный материал имеет характерные признаки выветривания — несколько сглаженные формы и блеклую по сравнению со свежей породой окраску. Наличие деревьев толщиной 15—30 см указывает на возраст отвала 25—30 лет.

Особого внимания требуют заброшенные старательские копи и расположенные вблизи их шурфы и канавы, заполненные землей и обломками, заросшие травой, мхом и кустарником.

Элементы техники. Приходилось ли вам видеть, как работает опытный собиратель? Иной раз просто диву даешься, как много можно сделать немудреным в общем-то инструментом, когда он в умелых руках. Ради экономии «полевого» времени следует этому искусству поучиться заранее, тренируясь на ближайших к дому



Рис. 42. Разделка глыбы

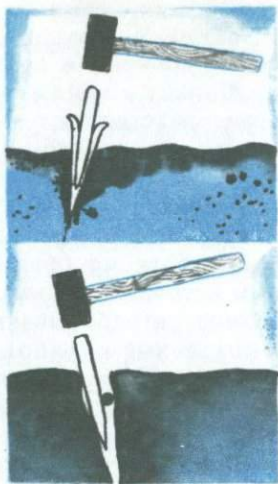


Рис. 43. Расклинивание трещины

обнажениях и просто подходящих глыбах камня. Раскалывая куски известняка, гранита, кварцита, базальта и других горных пород, можно убедиться, что одни породы легко обтесываются, другие сланцеваты и т. д. Требуется известная грамотность, чтобы правильно использовать эти свойства: слишком сильный удар может причинить нежелательные разрушения, а в другой раз, наоборот, требуется ударить сильно и резко, чтобы отколоть нужный кусок, не вызвав рискованного сотрясения. Для этого замахиваться нужно пошире и опускать молоток с нарастающим усилием, с «потягом» на себя.

Что же можно сделать нашим инструментом?

Молотком можно расколоть небольшой камень, положив его на ладонь либо на другой камень или головку кувалды и придерживая другой рукой или носком ноги; ударить нужно серединой бойка. Серединой или краем бойка скалывают края; удар должен быть резким. Клювом молотка сбивают тонкие края, им можно долбить, зацеплять, подтаскивать и переворачивать камни, нащупывать их в рыхлых массах. Клювом можно расширить трещину, действуя как рычагом или как клином, слегка постукивая кувалдой по бойку.

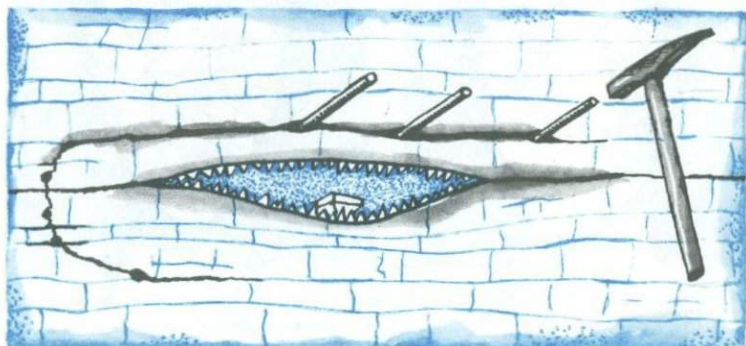
Крупную глыбу раскалывают кувалдой, нанося удары серединой или краем бойка по выступам нижней части глыбы (рис. 42). Прижимая камень ногой, удерживают его на месте и одновременно несколько гасят опасную вибрацию. При отсутствии удобных выступов сильными ударами по центру добиваются образования трещины, с которой начинают разделку глыбы.

Гребком можно быстро подрубить и снять дерновый слой, сделать «вскрышу», т. е. обнажить породу под слоем грунта или щебня, им удобно перелопачивать рыхлые и мелкообломочные массы, когда требуется их просмотреть. Для очистки забоя (места работы) от грязи и обломков сначала мыском гребка прочищают угол между стенкой и дном, затем широкой стороной сгребают обломки и вытаскивают или выталкивают их из забоя.

Основное назначение зубила — расклинивание трещин. Держа зубило левой рукой, осторожно забивают его в трещину молотком или кувалдой, по мере надобности усиливая удары. В широких трещинах помогут стальные направляющие или отрезок круглого металлического прутка, подкладываемый с одной стороны зубила (рис. 43). Зубилом выбивают бороздки в породе, отделяют кристаллы и небольшие сростки, разбирают трещиноватую породу. Зубило тем эффективнее, чем уже его рабочая кромка, но одновременно возрастает и риск поломки инструмента.

Прямой ломик в сочетании с молотком или кувалдой используется как длинное зубило, а «коготок» — везде,

Рис. 44. Оконтуривание полости

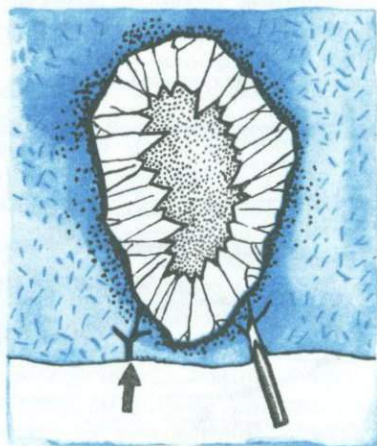


где нужен эффект рычага: для отделения образцов от основания, выворачивания и перемещения глыб, раздвигания и отделения пластов. Он позволяет развить большое усилие, не прибегая к молотку или кувалде, применение которых может стать губительным для хрупких образцов.

Обработка минерализованных полостей. Небольшую полость достаточно осторожно вскрыть, и коллекционный образец, можно сказать, почти готов. Такие полости берут целиком, по возможности отделив лишнюю породу, а более тонкие операции откладывают до возвращения домой. Лучший инструмент для извлечения прочных жеод — «коготок»; предварительно удаляют мешающие извлечению участки породы.

Однако тонкостенную и хрупкую жеоду извлечь таким способом не удастся. Тогда окружающую породу терпеливо разбирают по трещинам, пока жеода полностью не освободится. Задача осложняется, если удобных трещин нет. С осадочных серных месторождений любители привозили великолепные кристаллы серы, гипса, целестина, но редко кому удавалось добыть образцы, в которых они были бы расположены на стенках полости: самые лучшие и крупные кристаллы при выбивании обычно отваливались. В подобных случаях вокруг будущего образца создают по замкнутому контуру искусственную трещину: осторожно вбивают несколько круглых зубил и, по очереди ударяя

Рис. 45. Разборка минерализованной полости (слева направо): вскрытие; раскрытие устья; разборка стенок



по ним молотком, добиваются появления трещины в нужном направлении (рис. 44). По мере распространения трещины последние зубила вынимают и забивают спереди.

В более крупных полостях образцами могут быть отдельные участки стенок и «свободные» кристаллы, находящиеся во внутреннем пространстве. Если полость достаточно велика, чтобы забраться внутрь, в ней работают, как на стенке обнажения. Будущий образец и его основание очищают от обломков и грязи и внимательно осматривают. При наличии удобных щелей действуют «коготком». Если же образец держится крепко, придется прибегнуть к зубилу и молотку. Образец отделяют, расклинивая трещины с одной или двух сторон, либо делают вокруг него достаточно глубокую бороздку, а затем откалывают образец зубилом. Работать лучше вдвоем, так как образец нужно придерживать, чтобы смягчить вибрацию и предотвратить его падение. Приглушение звука удара — признак того, что трещина «пошла»; с этого момента надо действовать с удвоенной осторожностью.

Сложнее обработка полости, слишком малой для того, чтобы проникнуть внутрь, но все же слишком большой, чтобы взять целиком. Однако находка такой полости с хорошими кристаллами — редкая удача, заслуживающая терпеливых усилий.



Заполняющее вскрытую полость постороннее содержимое необходимо осторожно извлечь деревянной палочкой, крючком, загнутой на конце отверткой и тщательно просмотреть, так как здесь могут находиться хорошие кристаллы и обвалившиеся внутрь части стенок. Если же полость лишь угадывается за поверхностью обнажения, наносят один-два осторожных удара, чтобы получить трещину, не повредив находящиеся внутри кристаллы; устье раскрывают с помощью зубила и расширяют его настолько, чтобы можно было извлечь щебень и глину (рис. 45). «Горную кожу», «горную пробку» хотя бы на части образцов сохраняют в первоначальном виде: такие штуфы отличаются своеобразным изяществом, а минералог может по ним судить об условиях минералообразования.

Удалив содержимое, принимаются за стенки полости. В первую очередь освобождают нижнюю часть, чтобы уберечь образцы от повреждения обваливающимися стенками. На освободившееся место укладывают что-нибудь мягкое (бумагу, рюкзак) и разбирают боковые стенки и свод. В результате изменения породы вокруг стенок полости иногда образуется пустой или заполненный мелкочешуйчатым материалом зазор, позволяющий воспользоваться «коготком». После отделения ближайших к устью частей стенок дальнейшая разборка облегчается, и лишь изредка приходится прибегнуть к длинному зубилу или лому.

**Разборка отвалов.** Прежде чем браться за разборку отвала, следует уяснить, как вообще образуются отвалы, каковы особенности данного отвала, что и где можно на нем найти.

Отвалы состоят из обломков породы, извлекаемой при проходке от поверхности к рудному телу. Раздробленная порода доставляется самосвалами или вагонетками на вершину отвала и сбрасывается на его склоны. При этом отвальный материал откладывается в той же последовательности, в какой он извлекается из выработки, и сортируется по размерам. Интересный для коллекционера материал составляет лишь незначительную часть, но чаще всего сосредоточен в одном слое отвала, так как взят из одного места. Следовательно, первым делом надо найти этот «продуктивный» слой. Он имеет форму конуса и в горизонтальном сечении расположен по дуге, а в вер-

тикальном — по прямой вдоль склона, образуя нечто вроде плаща.

При сбрасывании породы самые крупные глыбы скатываются вниз, останавливаются у основания отвала и по сторонам от него, небольшие куски скапливаются выше и на флангах, а мелочь задерживается вблизи вершины. Отсюда вывод: полости с кристаллами нужно искать скорее всего в глыбах в нижней части отвала; материал, из которого можно выбить штуфы, — в середине и на краях; отдельные кристаллы — на гребне и под вершиной.

В расположении отвалов горного предприятия разобраться подчас нелегко. Ключ к пониманию можно получить, проследив путь отвального транспорта. Изображенный на рис. 46 отвал образовался, очевидно, при проходке штольни, проложенной к двум рудным телам *А* и *Б* — свинцово-цинковым сульфидным жилам. Нетрудно сообразить, что минералы жилы *Б* и околожилных участков должны быть на поверхности отвала и ничем не перекрыты, так как жила *Б* обрабатывалась последней. Материал из жилы *А* следует искать, по-видимому, где-то в глубине отвала. Найдя один образец, можно надеяться, что в том же слое находятся и другие. Находки крупных блоков галенита и сфалерита говорят о том, что штольня «подсекла» зону неизменных сульфидов и бессмысленно искать на отвале минералы зоны окисления; зато они могут встретиться в небольших открытых разработках обнажающихся на поверхности верхних частей жил.

Если отвал сохранился в своем первоначальном виде, то можно считать, что рассуждения верны, и приступать к работе. Самое подходящее время — после дождя, когда камень промыт и хорошо виден. Разборку удобнее начинать с флангов. Снизу вверх прокапывают канаву, чтобы отыскать продуктивный слой. Обломки перебирают гребком, клювом молотка или руками, осматривают и передвигаются выше. Выйдя на нужный слой, раскапывают его в стороны. Мелкообломочный материал можно промывать: отвальным щебнем наполняют сумку из проволочной сетки или корзинку, несколько раз погружают в воду, рассыпают тонким слоем и просматривают.

Но иногда отвалы разравниваются бульдозерами, передвигаются на другое место и при этом перемешивают-

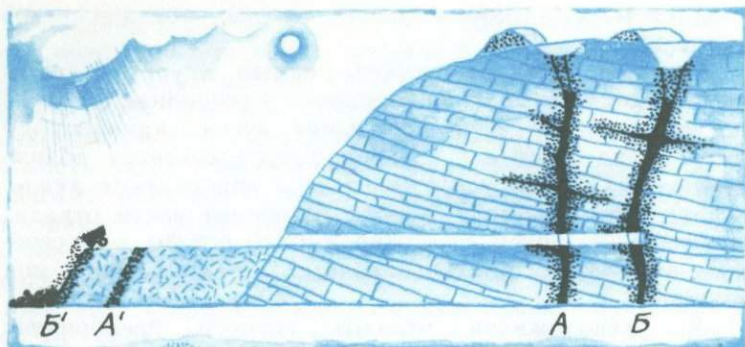


Рис. 46. Строение отвала: А, Б — рудные жилы; А', Б' — продуктивные слои отвала

ся. В таких случаях всякие правила теряют смысл, и остается искать наугад. На отвалах, обедненных предыдущими раскопками, целесообразно делать шурфы — достаточно глубокие ямы, позволяющие посмотреть нижние части отвала.

**Разборка осыпей и рыхлых отложений.** В техническом отношении она сходна с разборкой отвалов. Осыпь осторожно снимают, чтобы обнажить расположенные под ней рыхлые отложения. Сначала мыском гребка проделывают вертикальные борозды «вкрест простирацию», т. е. поперек слоев. Копать нужно до «плотика» (коренного основания). Найдя интересное место, обнажают его на всей требуемой площади. Начинают снизу и постепенно передвигаются вверх, время от времени отбрасывая накопившийся материал гребком. Таким же способом — снизу вверх — делается и разборка рыхлых слоев, обнажающихся в стенке. Если нужно, делают шурф или канаву необходимой глубины.

**Разделка глыб.** Способ обработки глыбы зависит от ее величины: из крупных образцы извлекают, небольшие же, наоборот, разделяют, кусок за куском удаляя лишнее, пока не останется образец. Иногда требуется разделить глыбу частично, чтобы облегчить выбивание образца.

При разделке нужно помнить, что будущий образец — наименее прочная часть глыбы и, следовательно, может пострадать в первую очередь. Риск можно уменьшить,

придерживаясь правила: остающаяся часть глыбы с образцом должна быть массивнее отделяемой части. При отсутствии удобной трещины, позволяющей сразу развалить глыбу, ее обкалывают в несколько приемов, начиная со стороны, противоположной образцу. Разделку ведут по выступам, стремясь всякий раз отбить нужный кусок первым же ударом, чтобы излишне не расшатывать образец. Сильный и правильно нанесенный удар не только отделяет большую часть, но и создает предпосылку для следующего этапа, так как на глыбе вновь остается удобный выступ (см. рис. 42). Когда до образца останется немного, нужно сменить инструмент на более легкий.

Сложнее вскрывать агаты, кремни, конкреции, предназначенные для резки и полировки, — вид полированной поверхности портят трещины. Если нельзя отбить край без растрескивания, лучше взять камень целиком, идя на риск, что после разрезания он окажется неинтересным.

Сбор порошковатых минералов и выцветов. Эти минералы чаще всего неказисты на вид, но среди них могут оказаться минералогические редкости, представляющие интерес если не для самого коллекционера, то для специалистов. Обычно такие образцы не занимают много места, и некоторое их количество следует взять, даже если минералы неизвестны.

Порошки и выцветы собирают ножом в закрывающиеся коробки или баночки, следя за тем, чтобы не попали посторонние частички. Для коллекции выцветы желательны на шуфах. Разборку породы делают «коготком» и зубилом, стараясь избегать применения ударного инструмента.

Чистка и сортировка собранного материала. В конце рабочего дня нужно оставить время для того, чтобы вымыть и просмотреть собранный материал, отбраковать неудовлетворительные образцы, а качественные освободить от лишней породы и упаковать.

Накапливающийся материал время от времени нужно вновь сортировать, раз от разу улучшая качество за счет вновь найденных хороших образцов и вместе с тем стараясь освободиться от лишнего. Образцы группируют по минеральным видам и разновидностям, месту находки, морфологическим признакам, тщательно изучают с лупой при хорошем освещении и из каждой группы отбирают

лучшие образцы, достаточно представляющие месторождение. Отложив окончательное решение до возвращения домой, в предварительном порядке отбирают из каждой группы по 1—2 экземпляра для коллекции и некоторое количество лучших дублетов для музеев, обменов и т. д.

Сломанные образцы тотчас же склеивают поливинилацетатным клеем ПВА или одним из нитроклеев. Отсрочка чревата тем, что из-за многократных переукладываний отдельные части выкрошатся и шов не получится незаметным.

**Упаковка и транспортировка.** Транспортировка — всегда тяжелое испытание для образцов, равно как для их собирателя — вид безнадежно испорченных штуфов и кристаллов. А потому не следует жалеть времени на тщательную упаковку, особое внимание обратив на хрупкие и крупные штуфы и друзы — дорожные неприятности угрожают им в первую очередь.

Большинство образцов можно доставлять с места сбора в матерчатых мешочках, поместив их на дно и обернув свободной частью мешочка. Упаковка в бумагу не хуже, хотя занимает чуть больше времени. Отличный материал — использованные бумажные мешки из-под взрывчатки, которые можно подобрать на действующем руднике. Каждый образец плотно заворачивают в направлении диагонали куска бумаги в 6—8 раз большего размера. Легко повреждаемую сторону предварительно обкладывают смятой и слегка расправленной бумажной салфеткой, а поверх нее — ватой, паклей, мхом и т. п. В особых случаях образец защищают футляром из пластинок пенопласта толщиной около 1 см, в котором остается свободное пространство над лицевой стороной. Для этого боковые пластинки должны быть несколько больше образца по высоте; их плотно прижимают к образцу и обвязывают изоляционной лентой или шпагатом. Затем привязывают нужного размера дно и крышку. Пенопласт можно заменить полосой картона или гофрированной бумаги (от упаковки бакалейных и кондитерских изделий).

Сростки кристаллов и другие непрочные образцы упаковывают в жесткую тару (коробки, консервные банки), для неподвижности заклинивая комочками бумаги.

Свертки плотно укладывают в брезентовый мешок, коробку или ящик, сначала крупные, поверх них — помельче, на самом верху — свертки с хрупкими образцами. Мешок, коробку помещают в рюкзак подальше от угловатых предметов.

Окончательная упаковка перед отправкой домой требует особой тщательности. Мешочки пригодятся и на этот раз, но образцы следует предварительно завернуть в бумагу и лишь после этого разложить по мешочкам. Свертки с гигроскопичными и легко теряющими воду минералами помещают в полиэтиленовые пакеты, обложив обезвоживающиеся минералы влажным мхом, мокрыми тряпочками и т. п.

Самые ценные и хрупкие образцы лучше везти с собой, разместив среди мягкого багажа. Остальные отправляют малой скоростью по железной дороге или почтой.

Пересылка почтой нередко вызывает огорчения. Между тем сохранность образцов практически гарантируется соблюдением трех простых правил: 1) использованием прочных ящиков объемом не более 10 дм<sup>3</sup>; 2) хорошей заверткой по отдельности каждого образца; 3) правильным укладыванием в ящик, исключающим возможность перемещения и взаимного повреждения образцов.

При этих условиях плотная бумага и даже обычные газеты, взятые в несколько слоев, служат отличным амортизатором и хорошо защищают поверхности образцов. Свертки укладывают в ящик на ребро, параллельно друг другу, слоями. Нижний слой из самых крупных свертков заполняют так, чтобы их нельзя было вытащить без некоторого усилия, затем точно так же укладывают следующие слои из свертков поменьше, мелочь размещают в оставшихся пустотах. Легко повреждаемые штуфы кладут вдоль стенок лицевой стороной наружу. Оставшиеся свободные места туго набивают бумагой, кусками дерева, опилками, травой и т. п. Ящик должен быть заполнен так, чтобы крышка несколько придавливала содержимое.

Полевой дневник. Столь ценимая минералами свобода от «кабинетности» — умение уверенно ориентироваться в естественной обстановке существования минералов — дается только непосредственным изучением «натуры». Такую возможность дает посещение месторождения. Самостоятельные наблюдения, не откладывая,

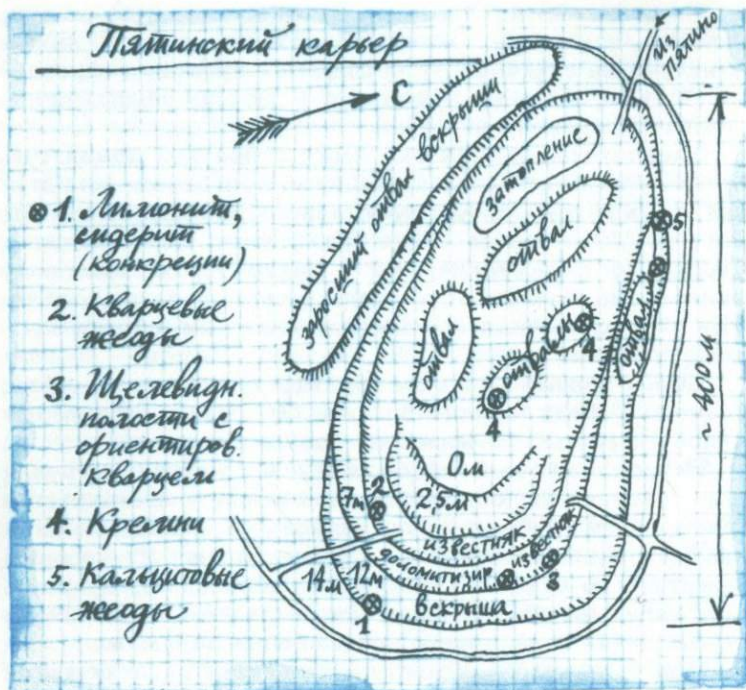


Рис. 47. Глазомерный план карьера

заносят в полевой дневник — это не только закрепляет нужные сведения, но и, что очень важно, вырабатывает внимательность, умение анализировать, отсеивать кажущееся от достоверного — т. е. по существу учит наблюдать. А. Е. Ферсман считал, что «полнота и точность записей является лучшим показателем сознательного ведения наблюдений и толкового коллекционирования».

Записи ведут шариковой ручкой или карандашом в записной книжке со страницами в клетку, в твердом переплете. На одной из страничек нужно изобразить глазомерный план (крок) места сбора минералов с ориентирами и примерными отметками высот (рис. 47), а для малоизвестного объекта — также и крок маршрута следования. В процессе работы на план наносят расположение вскрытых геологических тел (жил, слоев породы и т. д.) и «привязки» сделанных находок. Иногда полезно изобра-



Рис. 48. Геологический разрез

зять также геологический разрез — чередование слоев, пород и геологических тел в вертикальной плоскости (рис. 48).

Интересную деталь можно изобразить в крупномасштабной зарисовке (рис. 49). Зарисовка — первая ступень обдумывания наблюдений: выделяется главное, уясняются пространственные взаимоотношения минералов, агрегатов, пород.

Если требуется документальность, объект фотографируют. В кадр следует поместить предмет, дающий представление о масштабе изображения (молоток, коробок спичек).

В текстах записей приводятся подробные сведения о находках: место и время, характеристика вмещающей породы, сопутствующие минералы и их расположение, ориентировка кристаллов и агрегатов, например:

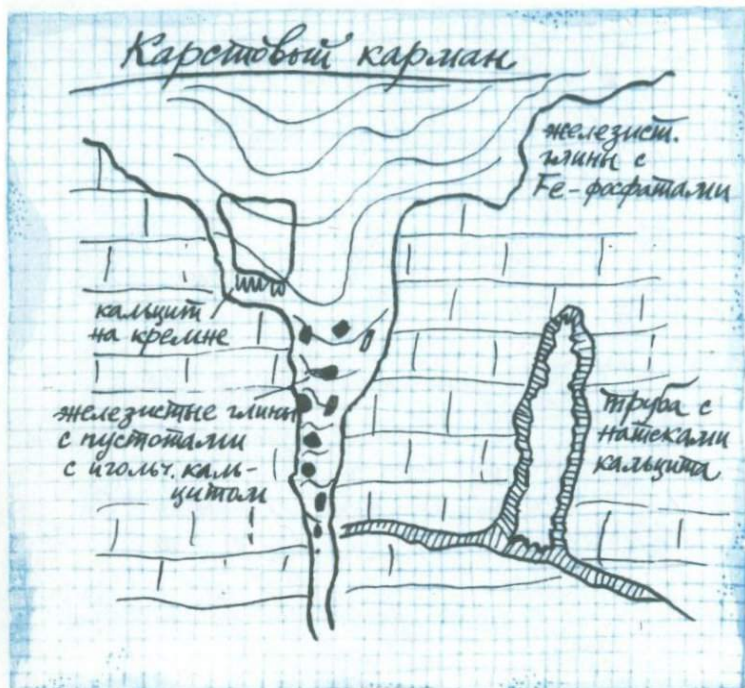


Рис. 49. Зарисовка детали обнажения

«28.04.1978 г. в Центральном карьере в ЮЗ части 2-го уступа в слое серого мергеля обнаружен горизонтальный прослой из овальных жеод размером 7—20 см и более. Стенки жеод сложены плотным мергелем и оболочкой из голубого параллельно-шестоватого целестина толщиной до 2 см, выклинивающейся по направлению к верхней части жеоды. Призматические кристаллы голубого целестина размером до  $1,5 \times 4$  см растут с нижней части жеоды, остальное пространство заполнено крупнозернистым агрегатом серы. Кристаллы целестина имеют грани и поверхности совместного роста с серой. На контактах целестиновой оболочки с мергелем редкие октаэдрические кристаллики размером около 0,5 мм, цвет бронзовый, блеск металлический.

На верхнем уступе вост. части того же карьера целестин встречен в мергелистом известняке в серии прожил-

ков мощностью до 3—5 см, параллельно-шестоватого сложения. Прожилки прослеживаются в обнажении на несколько метров по горизонтали».

Не полагаясь на память, следует занести в дневник сведения практического характера: как и каким транспортом можно попасть на месторождение; где можно ночевать; что требуется из снаряжения, инструмента, одежды; погодные условия и т. д.

**Правила безопасности.** К работе на рудниках допускается персонал, обученный технике безопасности и выдержавший специальный экзамен. Для любителя же обстановка горного предприятия непривычна, и чтобы уберечься от травм, он должен быть внимателен, знать и неукоснительно соблюдать правила безопасности. Допустив вас на территорию горного предприятия и тем самым приняв на себя ответственность за ваше благополучие, администрация вправе требовать безоговорочного соблюдения установленного на руднике распорядка и указаний его работников.

Поскольку в подземные выработки посторонние лица обычно не допускаются, коснемся безопасности работы лишь на карьерах и естественных обнажениях.

Источниками опасности могут быть сама обстановка горного предприятия и неосторожное поведение по отношению к горной технике, а также неправильное обращение с собственным инструментом.

Из-за того, что прочность горных пород понижена естественным выветриванием и горными работами, все находящиеся на высоте ненадежно закрепленные глыбы в процессе оползней, осадки, осыпания раздробленной породы рано или поздно скатываются вниз. В связи с этим правила техники безопасности строжайше запрещают находиться под «kozyрьком», т. е. под нависающей глыбой. Осторожность необходима и при отсутствии видимой опасности — бывают, хотя и редко, случаи скатывания отдельных камней и даже обрушения из-за ничтожных сдвигов, вызываемых разборкой породы, применением ударного инструмента и отдаленными взрывами. Работать нужно в защитной каске и внимательно следить за состоянием вышележащих частей стенки; услышав шорох, сопровождающий осыпание породы, следует немедленно отойти на безопасное расстояние. При передвижении по откосам необходимо пробовать надежность

закрепления глыб и соблюдать правило опоры на три точки (две ноги и рука или молоток).

Учитывая пониженную прочность горных пород, следует считать недопустимыми приемы скалолазания на действующих и заброшенных карьерах. Лишь в исключительных случаях после тщательного осмотра склона и сбрасывания слабо закрепленных глыб можно пользоваться веревками и крючьями на склонах небольшой крутизны — при обязательных условиях работы не менее чем вдвоем, надежной страховки и, конечно, наличия альпинистской подготовки.

Запрещается спускаться в провалы и обрушения; входить в опасные зоны, имеющие ограждения или обозначенные знаками, предупреждающими об опасности; подходить к краю крутого уступа, подверженного оползню, и заходить за оползневую трещину; находиться на склоне отвала или у его основания во время разгрузки отвального транспорта. К работе на отвале можно приступить, лишь убедившись, что на склоны не будет сбрасываться порода. Находиться в карьере можно только в светлое время суток.

Хотя взрывные работы ведутся, как правило, в одно и то же время, необходимо следить за их расписанием, так как оно может быть изменено. Персонал оповещается о начале взрывных работ сиренами или сигнальными ракетами. Первый, предупредительный сигнал извещает об окончании подготовки к взрывам. Через несколько минут подается боевой сигнал о начале взрывов. С прибытием на карьер бригады взрывников работу следует прекратить и к моменту предупредительного сигнала находиться уже вне карьера. При небольших взрывных работах (отпаливании негабаритов) запрещается находиться ближе чем в 200 м от места взрыва. Возобновить работу можно только после сигнала «отбой».

В карьере и на подъездах к нему необходимо вести себя так, чтобы не мешать работе техники: не стоять и не оставлять своих вещей на путях движения транспорта, не находиться в радиусе действия работающего экскаватора, не пытаться ездить в кузове самосвала, не приближаться к транспорту, перевозящему взрывчатые материалы. Находясь в карьере, нужно следить за перемещениями механизмов и освобождать место по первому требованию персонала. Нельзя работать около электро-

технических устройств, имеющих знаки высокого напряжения — трансформаторных подстанций, распределительных шкафов и будок, а также контактных (троллейных) проводов и проложенных к экскаваторам и буровым станкам электрокабелей.

Инструмент необходимо регулярно осматривать, своевременно выявляя неисправности. Молотки и кувалды должны быть безукоризненно закреплены на рукоятках. Расшатанный инструмент — причина тяжелых травм и порчи образцов. Его следует немедленно приводить в порядок, в крайнем случае замачивая несколько минут в воде. Присутствующие должны находиться в стороне от плоскости движения кувалды, так как нельзя полностью исключать возможность соскакивания ее с рукоятки или выскальзывания из рук. При появлении трещины на бойке необходимо отказаться от дальнейшего использования инструмента. Если трещина появилась на рукоятке, работать можно только в рукавицах.

При работе кувалдой и молотком необходимо опасаться ушибов и поражения осколками камня и стали. Работать следует в специальной одежде, защищающей кожу, желательны также защитные очки.

Разборка вручную полостей с кристаллами кварца и других минералов, образующих острые обломки, выполняется только в перчатках.

Вода, скапливающаяся в карьере, непригодна для питья и приготовления пищи, так как может содержать ядовитые или вредные примеси.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
- Вольфсон Ф. И., Некрасов Е. М.* Основы образования рудных месторождений. М., Недра, 1978.
- Ферсман А. Е.* Драгоценные и цветные камни СССР. — В кн.: Избр. труды, т. VII. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П.* Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1974.
- Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н.* Геология месторождений поделочных камней. М., Недра, 1976.
- Апродов В. А., Апродова А. А.* Движения земной коры и геологическое прошлое Подмосковья (учебные геологические экскурсии в окрестностях Москвы). М., Изд-во МГУ, 1963.
- Лебединский В. И.* С геологическим молотком по Крыму. М., Недра, 1974.
- Справочник путешественника и краеведа.* В 2-х томах. Под ред. С. В. Обручева. М., Географгиз, 1949.



С того момента, когда добытые минералы оказались в ваших руках, начинается их новая жизнь — жизнь среди людей. От вас зависит сделать эту жизнь долгой, полезной и интересной.

Прежде всего необходимо опознать неизвестные минералы: в коллекции не должно быть «белых пятен». После этого станет ясно, что оставить для коллекции, что может заинтересовать музей, что поместить в дублетный фонд для обменов. Если вы занимаетесь еще и художественной обработкой камня, нужно отобрать материал для поделок. Но это уже не относится к нашей теме. Заметим лишь, что использовать в качестве сырья

лучшие образцы недопустимо, ибо всякий такой образец — уникальное явление, и продукт, который из него можно получить, не сопоставим с ним по своей культурной и научной ценности. Художественная обработка должна как раз иметь целью утилизацию обломков и вообще рядового в минералогическом отношении материала, что, кстати, никак не отражается на качестве изделий.

Образцы, оставляемые для коллекции, следует, насколько можно, улучшить препарированием: удалить грязь и глину, убрать лишнюю породу, закрывающие кристаллы корочки и т. д., словом, придать образцам более аккуратный вид и использовать заложенные в них возможности выразительности.

И тогда останется аккуратно и красиво разместить экспонаты в коллекции, позаботившись о том, чтобы минералы не терпели неудобств в своем новом доме.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Когда-то люди не знали иного способа различать минералы, кроме как по их внешнему виду. Минералов было известно столько, сколько удавалось различать на глаз.

Современную науку такая визуальная диагностика (определение) уже не устраивает. На глаз удается определить немного минералов: из 2500 известных ныне минеральных видов (не считая разновидностей) квалифицированный минералог может различить всего 200—300, а знатоков, уверенно распознающих больше 500 минералов, насчитывается буквально единицы. Между тем потребность в определении минералов растет, повышаются и требования к точности определения, а возможности органов чувств человека столь же ограничены, как и на заре минералогии. Отсюда — необходимость в специальных технических средствах, позволяющих быстро и безошибочно диагностировать любые минералы.

Современные методы *точной* диагностики выявляют те признаки минералов, на которых непосредственно основано разделение их на виды, т. е. кристаллическую структуру и состав. В связи с этим методы точной диагностики называют также прямыми методами в отличие от тех, которые используют косвенные, вторичные признаки.

Первое мощное средство исследования кристалличес-

ких структур, основанное на дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, наука получила, как мы знаем, в начале двадцатого столетия. Первоначально рентгеновские методы были применены для расшифровки структур известных минералов. Это позволило создать рентгенодиагностические эталоны и справочники, и после второй мировой войны повсеместно началось использование рентгеновских методов для целей диагностики. Рентгенодиагностика не требует больших затрат труда и времени; а так как характеристики структуры индивидуальны, то в большинстве случаев она может дать однозначный ответ, не нуждающийся в дополнительном подтверждении.

Для выяснения детального химического состава минерала, в частности содержания примесей, требуется химический анализ. Сюда же относится и спектральный анализ, позволяющий обнаружить ничтожные примеси испытанием пробы всего лишь в несколько десятков миллиграммов. С помощью специальных электронных микроанализаторов (микронзондов) можно даже исследовать химический состав в различных точках одного кристалла. Но сам по себе химический анализ не может служить достаточным основанием для диагностики, так как одинаковый состав могут иметь различные минералы (например, андалузит, кианит и силлиманит).

К точным методам относится также определение оптических, термических и других количественных характеристик (констант) минералов. Когда набор констант не совпадает ни с одним из известных эталонов, возникает повод говорить об открытии нового минерала. Для решения этого вопроса материалы исследований представляются на рассмотрение Международной минералогической ассоциации.

Точные методы диагностики осуществимы, однако, лишь в лабораторных условиях, а потому в повседневной практике сохранили свое значение и способы визуального определения минералов. Ведь и несколько сотен минералов, надежно определяемых на глаз в условиях, когда под рукой нет нужных приборов — хотя бы в поле, — не так уж мало; примерно такова же и численность распространенных минеральных видов. Поэтому хорошо развитые навыки визуальной диагностики составляют одно из обязательных профессиональных качеств минералога и геолога.

Для распознавания внешних признаков минералов — таких, как цвет, блеск, твердость и др., — нужны лишь наметанный глаз и простейшие приспособления. Верному определению способствует знание геологической обстановки, минералов-спутников и особенно — характерной формы индивидов и агрегатов. Надежность определения растет с опытом и квалификацией минералога, хотя возможности визуальной диагностики, разумеется, не безграничны.

Большую помощь в диагностической работе может оказать метод паяльной трубки, позволяющий выявить некоторые скрытые признаки минералов и получить представление об их химическом составе.

Техника определения доступна каждому, и искусство диагностического поиска издавна привлекало не только минералогов, но и знатоков-коллекционеров. Опыты по самостоятельному определению очень увлекательны и одновременно служат прекрасным средством изучения минералов.

**Внешние признаки минералов.** *Блеск* минералов связан с их другими оптическими характеристиками и, в частности, у прозрачных минералов усиливается с повышением показателя преломления. Количественно блеск характеризуется показателем отражения света. Для глазомерного определения принята условная градация: стеклянный, алмазный, полуметаллический, металлический блеск. Около 70% всех минералов имеют стеклянный блеск на гранях и изломах кристаллов: лед, кальцит, топаз, пироксены, амфиболы и др. Примеры минералов с алмазным блеском — касситерит, сера, сфалерит, киноварь. Металлический блеск — свойство самородных металлов, а также некоторых непрозрачных минералов главным образом из числа окислов и сульфидов, что отразилось в их старинных названиях: свинцовый блеск (галенит), железный блеск (гематит), сурьмяный блеск (антимонит).

Кроме степени блеска, различают оттенки, своего рода «тембры»: жирный, восковой, перламутровый, шелковистый. Оттенок (отлив) зависит от характера отражающей поверхности и нередко относится к агрегатным выделениям. Так, шелковистым блеском обладают волокнистые агрегаты типа асбеста и селенита. Жирный блеск возникает на неровных поверхностях просвечивающих

минералов: просвечивающие кристаллы кварца и нефелина со стекляннм блеском граней дают изломы с жирным блеском. Восковой блеск свойствен просвечивающим минералам с низкими показателями преломления (хризоколла, серпентин, стеатит, каолинит) и поверхностям скрытокристаллических агрегатов типа халцедона. Перламутровый блеск возникает при отражении света от серии параллельных спайных трещинок и характерен для микротрещиноватых индивидов минералов с совершенной спайностью: стильбита, гейландита, гипса, талька, аурипигмента.

Для тренировок в определении блесков можно использовать любые минералы. Следует помнить, что разграничение степеней блеска условно и на самом деле между ними нет резких переходов. Эталонные справочные данные относятся к эталонным же экземплярам — более или менее совершенным индивидам со свежими поверхностями. Блочное строение кристалла, микротрещиноватость, включения, разъедание, выветривание, пленки и чешуйки посторонних минералов снижают блеск и делают его ненадежным признаком. В мелкокристаллических агрегатах блеск минерала может быть иным, чем в крупных кристаллах. Так, хорошо образованные кристаллы гипса имеют стекляннй блеск, параллельно-волокнистая разновидность (селенит) — шелковистый, а мелкозернистая (алебастр) — восковой; под действием давления или ударов блеск кристаллов гипса принимает перламутровый оттенок. Различный блеск могут иметь разновидности минерала; так, для гранатов характерен стекляннй блеск, а у демантоида он приближается к алмазному. Начинаящему любителю рекомендуется оценивать блеск с «запасом» в одну ступень шкалы, внимательно рассматривая чистую и сухую поверхность.

*Цвет* минералов — важный диагностический признак, хотя и не всегда однозначный: представители одного минерального вида могут иметь различную окраску. Названия многих минералов связаны с их цветом: альбит в переводе — «белый», аурипигмент — «золотая краска», аквамарин — «морская вода», гематит — «кровавый», целестин — «небесно-голубой», цитрин — «желтый» и т. д. От одного и того же корня произошли названия целых трех синих минералов — азурита, лазурита и лазулита. Апатит — «обманчивый» — получил свое назва-

ние в связи с тем, что из-за разнообразия окрасок его часто принимали за другие минералы.

Окраска минералов вызывается разными причинами. Различают идиохроматическую окраску, свойственную самому веществу минерала; дефектную, обусловленную некоторыми дефектами кристаллической структуры; аллохроматическую, вызванную цветными включениями; псевдохроматическую, возникающую вследствие интерференции света в тонких поверхностных пленках (побежалость), пластинчатой неоднородности кристалла (иризация) и других оптических эффектов.

Идиохроматическая окраска свойственна сравнительно небольшому числу минералов. Она обусловлена главным образом присутствием в них (в частности, в виде примесей) так называемых хромофоров — некоторых элементов 4-го периода периодической системы: хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, титана, меди. Особенно интересен хром, которому обязаны своим цветом красные рубин и пироп, зеленые изумруд и уваровит. Содержащие хром александрит и кеммерерит при солнечном освещении имеют зеленый цвет, при электрическом — фиолетовый.

Чаще всего окраска минералов связана с дефектностью структуры. Примеры таких минералов — цветные разновидности кварца (цитрин, морион, аметист, дымчатый и розовый кварц), флюорита, синие кристаллы галита, голубой целестин. Дефектная окраска часто непостоянна и меняется от одного образца минерала к другому; она может быть искусственно усилена или изменена облучением рентгеновскими или гамма-лучами, а также нагреванием. Морион можно таким способом превратить в драгоценный «цитрин», зеленый берилл — в голубой «аквамарин». В той или иной степени дефектная окраска чувствительна к свету: на солнце выцветают золотисторозовые фенакиты, становятся серыми голубые целестины, а гакманит теряет свой чудесный розовый цвет всего за считанные минуты даже при искусственном освещении.

Примеры аллохроматической окраски — празем (кварц с включениями волокон зеленого актинолита), хризопраз (халцедон с примесью зеленых минералов никеля), коричневые и красные кварцы (включения окислов железа).



Рис. 50. Лабрадор (полированный срез). Украина

Широко известный пример псевдохроматической окраски — радужная иризация лабрадора (рис. 50), применяемого в качестве облицовочного камня. Менее известна иризация других полевых шпатов — «беломорита», ортоклаза. Интересный случай псевдохроматизма — игра благородного опала. Она обусловлена интерференцией света, рассеиваемого кристаллической решеткой координационного типа, которая сложена крупными полимерными глобулями (клубками) кремнезема. Яркоголубая окраска некоторых подмосковных халцедонов вызвана рассеянием света в микропористом поверхностном слое; при увлажнении окраска пропадает, при высыхании появляется вновь. Побежалость иногда придает минералам радужную окраску (рис. 51).

Среди окрасок минералов заметно преобладают различные оттенки бурого, красного и зеленого цвета. В значительной степени это объясняется широким распространением в земной коре железа, а также хрома. Синих же минералов, наоборот, насчитывается немного.



Рис. 51. Сферокристаллы сидерита с побежалостью, вызванной поверхностным окислением. Курская магнитная аномалия

Окраска минерала может быть неоднородной: зональной (полихромные турмалины и флюориты), каемчатой (некоторые скипетровидные кварцы), секториальной («сибирские», т. е. уральские, аметисты и двухцветные топазы Волыни). Наконец, окраска может быть различной по разным направлениям (плеохроизм). Это довольно распространенное свойство обычно редко заметно на глаз; в сильной степени оно выражено, например, у кордиерита (синий и желтый цвета) и у недавно открытого танзанита — ювелирной разновидности цоизита (краснофиолетовый, глубокий синий и желтовато-зеленый цвет).

При диагностике цвета следует придерживаться принятой градации окрасок и оттенков. Среди минералов эталоном фиолетовой окраски считается аметист, синей — азурит, зеленой — малахит, желтой — аурипигмент, оранжевой — крокоит, красной — киноварь (в порошке), оловянно-белой — арсенопирит (кристаллы), свинцово-серой — галенит (свежие спайные сколы), стально-се-

рой — свежие сколы блеклых руд, железно-черной — магнетит, индигово-синей — ковеллин, медно-красной — самородная медь. Под цветом минерала всегда подразумевается идиохроматическая, дефектная или аллохроматическая окраска. Псевдохроматические окраски, плеохризм, полихромные (многоцветные) и неоднородные окраски могут служить дополнительными диагностическими признаками.

Наблюдать цвет минерала необходимо на свежей, чистой поверхности грани или излома, не маскируемой налетами, пленками, окислением.

В диагностике минералов используется также цвет порошка или *цвет черты*. Черта, оставляемая на матовой неглазурованной поверхности фарфора, так называемом бисквите, в сущности и состоит из тонкого порошка минерала. Маскируемый сильным блеском цвет кристаллов может не совпадать с цветом черты (например, железно-черные кристаллы гематита оставляют вишнево-красную черту), которая является более постоянным признаком. Черта имеет значение главным образом при определении непрозрачных густоокрашенных минералов; светлоокрашенные обычно дают белую черту.

По цвету кристаллов и черты иногда можно установить наличие химических примесей и место минерала в изоморфном ряду. Так, безжелезистые сфалериты (клеюфаны) имеют цвет медово-желтый и светлоокрашенную черту, а железистые (марматиты) черный цвет и коричневую черту. В ряду вольфрамитов окраска меняется от черной у ферберита  $\text{FeWO}_4$  до желтоватой у чистого гюбнерита  $\text{MnWO}_4$ .

Цвет темных минералов необходимо определять при ярком солнечном или искусственном освещении. Иногда окраску можно обнаружить, рассматривая минерал в лупу вблизи тонких краев или трещинок, хотя на первый взгляд он кажется непрозрачным и черным.

*Твердость* характеризует сопротивление минерала разрушающему механическому воздействию на его поверхность. Твердость обусловлена структурой кристаллов и прочностью химических связей; еще древнегреческие философы-атомисты Демокрит и Эпикур объясняли ее прочностью микроскопических крючков, которыми, якобы, атомы сцепляются друг с другом. Существенно понижают твердость дефекты и неоднородности структуры.

Точная величина твердости измеряется испытанием на специальном приборе — микротвердометре. В минералогии принято определять относительную твердость, царапая друг о друга кусочки минералов — испытуемого и выбранных в качестве эталонов; из двух минералов тверже тот, который царапает другой, но при этом не царапается сам. В 1812 г. австрийский минералог Ф. Моос (один из создателей учения о сингониях кристаллов) предложил 10-балльную шкалу эталонов твердости:

тальк	1;	ортоклаз	6;
гипс	2;	кварц	7;
кальцит	3;	топаз	8;
флюорит	4;	корунд	9;
апатит	5;	алмаз	10.

Баллы шкалы Мооса не пропорциональны истинной твердости минералов-эталонов: для первых двух (талька и гипса) показания микротвердометра отличаются в 1,4 раза, а для последних двух (корунда и алмаза) — уже в 140 раз. Эта неравномерность шкалы Мооса долгое время смущала минералогов.

Введение 10-балльной шкалы твердости имело огромное значение. До этого различия в твердости, кроме самых твердых и самых мягких минералов, представлялись довольно смутно: «Многочисленные и различные камни, — отмечал классик старинной кристаллографии Капеллер, — обладают почти одинаковой степенью твердости». В лучшем случае определение твердости ограничивалось испытанием на царапание напильником \*.

Казалось бы, можно было пойти дальше и создать более точную шкалу с большим числом эталонов. Не составило бы и большого труда подобрать их так, чтобы устранить неравномерность шкалы. Со временем, однако, выяснилось, что именно эта особенность шкалы Мооса делает ее ценной для глазомерных испытаний: восприятия человека находятся примерно в таком же соотношении с вызывающими их физическими причинами. Не укоренились в практике минералогов и многоступенчатые шкалы. Метод царапания сам по себе очень удобен, но не позволяет улавливать малые различия в твердости, и результаты испытаний все равно приходилось округлять. Многочис-

\* В XVI в. русские купцы умели испытывать твердость драгоценных камней с помощью специальной каменной крошки («трески»):

ленные предложенные поправки так и не получили признания, и шкала Мооса, охватывающая диапазон твердости всех известных минералов, до настоящего времени сохранилась в обиходе минералогов в практически неизменном виде.

Для определения твердости минерал царапают острым краем различных эталонов, начиная с мягких. Номер первого эталона, оставляющего на минерале заметную царапину, принимают за показатель так называемой пассивной твердости. Активную твердость определяют противоположным способом: находят самый твердый эталон, на котором испытуемый минерал оставляет царапину. При аккуратном определении оба показателя либо совпадают, либо отличаются на единицу; за число твердости принимают промежуточное значение. Если, например, минерал царапает все эталоны, начиная с флюорита (т. е. активная твердость равна 4), и сам царапается всеми эталонами, начиная с апатита (пассивная твердость 5), то ему приписывается твердость 4,5 или от 4 до 5 — оба утверждения равнозначны друг другу.

Для шкалы Мооса подбираются свежие монокристаллические куски размером 3—4 см. Эталоны удобно хранить в деревянном ящичке, разделенном перегородками на ячейки. В любительской шкале твердости можно обойтись без 10-го эталона — алмаза; находки его маловероятны, а для определения твердости всех остальных минералов достаточно девяти первых эталонов. Твердость мягкого карандаша 1, ногтя 2—2,5, медной монеты 3, железного гвоздя 4—4,5, оконного стекла 5, стального ножа 5,5—6, напильника до 7. Эти предметы могут служить заменителями эталонов Мооса.

Испытание твердости делают на свежих гранях, изломах и спайных поверхностях, так как выветривание, микротрещиноватость, посторонние налеты искажают результат. Получив след от эталона, необходимо убедиться, что это действительно царапина, а не оставленная эталоном черта. Для этого пробуют стереть след пальцем и рассматривают его в лупу. Эталонные значения твердости относятся только к монокристаллическим выделениям. Мелкозернистые и волокнистые агрегаты при испытаниях показывают заниженную твердость, так как остающийся от царапания след вызывается деформацией и выкрашиванием мелких индивидов.

Большинству минералов свойственна анизотропия твердости (различная твердость по разным направлениям), но, как правило, обнаружить ее можно лишь точными измерениями. Исключение составляет кианит (дистен): его твердость вдоль удлинения кристаллов равна 5,5, а в поперечном направлении 6,5—7.

*Спайностью* называется свойство кристалла раскалываться преимущественно по определенным плоским направлениям\*. Спайность обусловлена самим кристаллическим строением минералов. Представим себе кристалл, разделенный произвольно расположенными плоскостями (рис. 52): одни плоскости окажутся густо «заселенными» частицами, в других случаях сетка частиц будет реже. Силы связи между частями кристалла зависят от того, как пройдет раздел: на одной и той же площади контакта в одних случаях связано между собой больше, в других — меньше частиц. Иными словами, кристалл обладает анизотропией прочности, т. е. различной прочностью в разных направлениях. Когда это различие достаточно велико, говорят о спайности.

Принято различать следующие степени спайности.

1. Весьма совершенная: кристалл способен раскалываться на сколь угодно тонкие спайные пластинки. Поверхности сколов — гладкие плоскости с характерным для данного минерала блеском; по другим (неспайным) направлениям расколоть кристалл гораздо труднее, а излом при этом получается ступенчатым, состоящим опять-таки из участков спайных плоскостей.

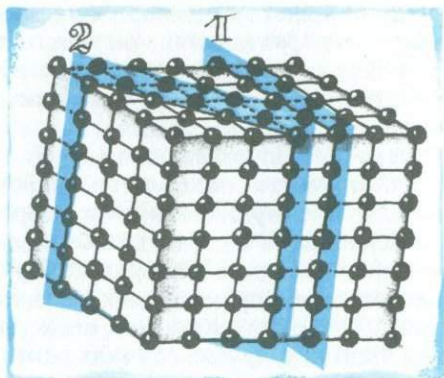
2. Совершенная: кристалл раскалывается преимущественно по направлениям спайности, спайные поверхности более или менее гладки, неровный излом получается с трудом.

3. Ясная, или средняя: излом, как правило, неровный, но при внимательном рассматривании можно обнаружить и участки спайных поверхностей, не всегда, впрочем, гладкие.

4. Несовершенная (спайность практически отсутствует): излом всегда неровный, спайные сколы не обнаруживаются.

\* Неплоская спайная поверхность — признак блочного строения кристалла (см. с. 43), например у «барботовых глазков» — сферокристаллов некоторых слюд, имеющих скорлуповатое строение.

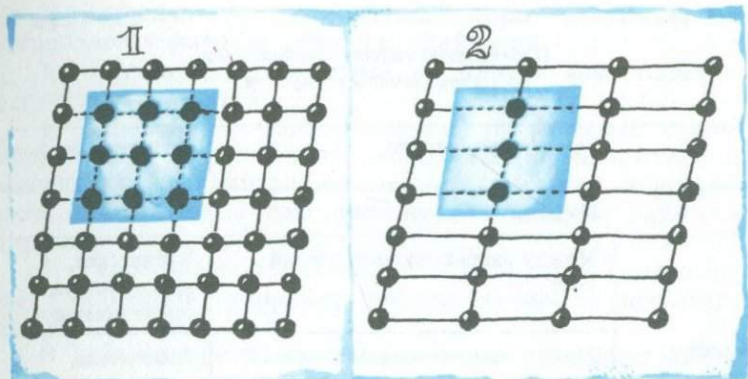
Рис. 52. Природа спайности кристаллов: 1, 2 — плоские сетки частиц



Познакомимся со спайностью более наглядно, раскалывая молоточком ненужные куски различных кристаллов. Гипс и слюды — примеры минералов с весьма совершенной спайностью; галит, галенит, кальцит, топаз, микроклин — с совершенной, диопсид и другие пироксены — со средней, апатит, кварц, берилл, сера — с несовершенной спайностью. По старинной традиции минералы с хорошо выраженной спайностью назывались шпатами — от старонемецкого слова, означающего «раскалываться»: известковый и исландский шпаты (кальцит), тяжелый шпат (барит), плавиковый шпат (флюорит).

В опытах с раскалыванием кристаллов мы обнаружим, что у некоторых минералов спайность проявляется одновременно в нескольких направлениях, а иногда вместо спайных пластинок даже получают многогранники, со всех сторон ограниченные плоскостями спайности. Число и взаимное расположение направлений спайности соответствуют симметрии кристалла, и следовательно, также могут быть использованы как диагностический признак.

Плоскости, в которых спайность выражена в одинаковой степени, повторяют одну из простых форм, свойственных данному минералу (может быть, и не присутствующую на данном индивидуе). Если спайность обнаруживается только в одном направлении, минерал может иметь пинакоид или моноэдр; в двух направлениях — ромбическую или тетрагональную призму или диэдр. Три взаимно перпендикулярные направления спайности галита или галенита — спайность по кубу, образованному шестью попарно параллельными спайными плоскостями;



характерная простая форма этих минералов — также куб. Четыре спайные направления флюорита позволяют получить из его кристаллов выколки октаэдрической формы; два направления у амфиболов и пироксенов образуют спайность по призме и т. д. Число и взаимное расположение направлений спайности помогают уяснить кристаллографию минерала — важнейший диагностический признак. Следует, однако, иметь в виду, что определенное сочетание спайных направлений дает возможность лишь исключить те или иные сингонии, но не указывает на принадлежность к определенной сингонии (табл. 3).

Начинающие любители не всегда отличают совершенную спайность от весьма совершенной и средней и т. д., тем более, что границы между ними и в самом деле несколько условны; поэтому определять степень спайности лучше с запасом, допуская и соседнюю оценку.

Раскалывание индивида преимущественно по определенным плоскостям может быть вызвано также *отдельностью*. Как правило, причина отдельности — ослабленные зоны по направлениям несовершенной спайности, двойникование и зональная концентрация включений. Отдельность — свойство лишь некоторых разновидностей (экземпляров) минерала, а не минерального вида в целом, и обнаруживается только в отдельных зонах кристалла. Нередко отдельность в одних направлениях сочетается со спайностью в других. Различить их можно при внимательном рассматривании излома. Медленно поворачивая образец, следует добиться такого положения, когда плоские участки излома дают яркие отблески

Определение сингонии кристалла  
по направлениям спайности

Характеристика спайности		Исключаются сингонии	
По одному направлению		Кубическая	
По двум направлениям	Между направлениями прямой угол	Кубическая, тригональная, гексагональная	
	Между направлениями непрямой угол	Кубическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная	
По трем направлениям	Плоскости спайности пересекаются по параллельным прямым		
	Плоскости пересекаются по непараллельным прямым	Все углы между плоскостями прямые	Тригональная, гексагональная, моноклинная, триклинная
		Хотя бы один из углов непрямой	Кубическая, тетрагональная

света. В случае спайности получается однородная картина: отблески равномерно распределены по излому или сливаются в один. Отблески от плоскостей отдельности образуют полосчатый узор на более темном фоне неровного излома.

Отдельность — свойство довольно распространенное и для некоторых минералов (корунда, диопсида, диаллага и др.) достаточно характерное, чтобы служить диагностическим признаком.

Под *изломом* подразумевается характер поверхности, образующейся при раскалывании минерала в произвольном (неспайном) направлении. Различают следующие виды изломов.

1. Ровный, свойственный очень мелкозернистым агрегатам минералов (например, яшмам).

2. Ступенчатый, возникающий при раскалывании минералов с высокой степенью спайности.

3. Неровный, получаемый на многих кристаллах и зернистых агрегатах.

4. Занозистый (напоминающий поперечный излом древесины), свойственный волокнистым разностям и минералам длиннопризматического облика, образующим параллельные срастания, как некоторые разности турмалинов и амфиболов.

5. Раковистый, характерный для хрупких совершенных индивидов, например пирита, борнита, кальцита, кварца, топаза.

В диагностике вид излома имеет второстепенное значение.

Вследствие анизотропии механических свойств многие минералы образуют по разным направлениям разные изломы. Раковистые изломы чрезвычайно характерны для кремней и обсидиана, благодаря чему эти материалы оказались весьма удобными для изготовления каменных доисторических орудий.

*Ковкость и хрупкость* существенны при определении главным образом самородных металлов, некоторых сульфидов и их аналогов. Примеры ковких минералов — медь и халькозин; типичные хрупкие минералы — внешне похожие на халькозин блеклые руды.

Ковкость не исключает возможности хрупкого разрушения минерала. Кристаллы халькозина режутся ножом, маленькие его кусочки можно осторожно расплющить на наковальне, и в то же время не составляет труда раскрошить их молотком. Ковкими считаются те минералы, на которых конец ножа или игла оставляют блестящий гладкий след; на хрупких след матовый, «пылится» порошком минерала.

*Гибкость и упругость* — специфические свойства минералов пластинчатого, листоватого, игольчатого, волокнистого сложения. Некоторые из них (слюды, хлориты, аурипигмент, асбесты) способны сгибаться, не ломаясь, а другие (маргарит, астрофиллит, селенит, немалит) при этом ломаются. Упругими считаются те гибкие минералы, которые после сгибания самопроизвольно принимают первоначальную форму.

*Плотность* — масса минерала в граммах, заключенная в одном кубическом сантиметре его объема. Плот-

ность большинства минералов находится в пределах от 2,5 до 4,5, достигая 20 и более в группе платины. Пористость и примеси могут изменить ее на 5—10 и даже на 20%. Если минеральный вид известен, плотность может указать место минерала среди разновидностей. Так, плотность клейофанов составляет около 3,5, а у марматитов достигает 4,2.

В лабораторных условиях плотность определяется с высокой точностью по способности минералов плавать в тяжелых жидкостях, а также по результатам взвешиваний и измерений объема. В домашних условиях удобно самодельное приспособление, использующее закон Архимеда (рис. 53). Противовес — гайка или болтик и т.п. — подбирается так, чтобы испытуемый образец можно было уравновесить (в петле из тонкой проволоки) примерно в середине правого плеча коромысла. Затем образец погружают в сосуд с водой, в которую для лучшего смачивания добавляется щепотка моющего средства, и, не меняя противовеса, вновь уравнивают, для чего потребуется несколько передвинуть его вправо. Плотность рассчитывается по формуле

$$d = \frac{l_в}{l_в - l},$$

где  $l$  и  $l_в$  — расстояния точки подвешивания образца от опорной иглы при уравнивании в воздухе и в воде.

Ориентировочно можно оценить плотность следующим способом. Небольшое количество испытуемого минерала измельчают до крупинок в 0,25—0,5 мм и просеивают через мелкое сито, чтобы отделить крупную фракцию. Такой же операции подвергают минерал с известной плотностью, окрашенный по возможности контрастно к испытуемому. Порошки смешивают, высыпают в блюдце с водой и отмучивают быстрыми движениями блюдца. Крупинки более тяжелого минерала остаются в середине, а более легкий размещается по периферии. Повторяя испытание с несколькими «эталоном», можно приблизительно найти плотность определяемого минерала.

Иногда достаточно грубо оценить плотность, отнести минерал к одной из категорий — легких (плотность

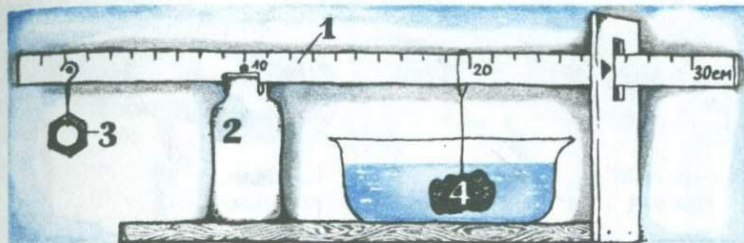


Рис. 53. Самодельные весы для определения плотности минералов:

1 — коромысло (деревянная линейка с делениями, осями служат иголки); 2 — подставка (прикрепленный шурупом полиэтиленовый флакон с прорезью в горлышке); 3 — противовес; 4 — испытуемый образец

менее 3), средних (3—5) или тяжелых (более 5). Оценка производится прикидкой на руке тяжести испытуемого минерала по сравнению с каким-нибудь известным. Однако при отсутствии навыка такой способ может приводить к грубым ошибкам.

*Магнитность* (точнее, ферромагнитность) свойственна немногим минералам — магнетиту, пирротину, самородному железу. Магнитные минералы притягиваются магнитами и в крупных массах отклоняют стрелку компаса.

*Применение паяльной трубки.* Как инструмент исследования минералов, паяльная трубка произвела в свое время подлинный переворот. Ее применение было введено зачинателями химической минералогии А. Ф. Кронстедтом и Т. О. Бергманом, а в России — известным минералогом А. М. Карамышевым (1744—1791). В опытах Карамышева принимал участие его друг И. И. Хемницер — видный российский горный деятель и коллекционер, более известный нам как поэт-баснописец. В профессиональной минералогии метод паяльной трубки отошел на второй план только с появлением нынешней значительно более совершенной диагностической техники.

С помощью паяльной трубки воздух вдувается в пламя спиртовки, газовой горелки или, что удобнее всего, обыкновенной парафиновой свечи. При этом получается острый язычок пламени, позволяющий разогреть небольшую пробу минерала до температуры более  $1000^{\circ}$ , при которой могут активно протекать так



Рис. 54. Пламя паяльной трубки:

1 — темная часть (горючие газы и пары); 2 — внутренний конус, обогащенный окисью углерода; 3 — наружный конус, обогащенный кислородом

называемые пирохимические реакции окисления, восстановления, разложения и другие, используемые для диагностики минералов. Для получения окислительного пламени кончик паяльной трубки вводят внутрь пламени и дуют сильно; для реакций восстановления — помещают перед пламенем и дуют слабее, направляя пламя в сторону пробы (рис. 54). Перед концом внутреннего, более темного конуса пламени находится точка А самой высокой температуры. Дуть нужно равномерно, одними щеками, набирая воздух через нос.

По традиции к методу паяльной трубки относят и некоторые простейшие диагностические реакции, выполняемые без нагревания.

Паяльную трубку нетрудно сделать самому (рис. 55). Она состоит из латунной, алюминиевой или стальной трубки 1 диаметром 6—8 мм и длиной 250 мм, переходника 2 и наконечника 3, на который надевается аккуратно обрезанная игла 4 от медицинского шприца с каналом 0,3—0,5 мм. Противоположный конец трубки можно снабдить мундштуком 5 из эбонита, дерева, оргстекла.

Для испытаний также потребуются:

1) чистые химические реактивы (10—20 г каждого хватит на долгое время): соляная, серная и азотная кислоты, раствор аммиака (нашатырный спирт), цинк в гранулах или мелких кусочках, порошки серы и магния, бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , фосфорная соль  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , калиевая селитра (нитрат калия)

Рис. 55. Паяльная трубка:

- 1 — трубка;
- 2 — переходник;
- 3 — наконечник;
- 4 — укороченная игла от шприца;
- 5 — мундштук

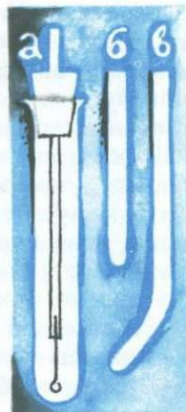
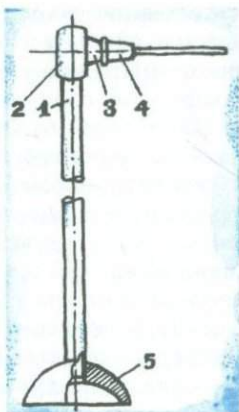


Рис. 56. Принадлежности для испытаний:

- а — платиновая проволочка;
- б — закрытая трубка;
- в — открытая трубка

$\text{KNO}_3$ , нитрат кобальта  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ , бисульфат калия  $\text{KHSO}_4$ , иодистый калий  $\text{KI}$ , роданистый калий  $\text{K}(\text{CNS})$  или роданистый аммоний  $\text{NH}_4(\text{CNS})$ , красная кровяная соль  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Часть этих веществ можно приобрести в магазинах химреактивов или фототоваров и в аптеках;

- 2) парафиновая свеча;
- 3) пинцет с узкими и тонкими концами;
- 4) фаянсовая химическая ступка;
- 5) пробирки (3—4 шт.);
- 6) березовый уголь в кусках размером примерно  $7 \times 4 \times 1,5$  см;
- 7) стеклянные трубки диаметром 5—6 мм;
- 8) платиновая проволочка диаметром 0,3 мм, длиной 25—30 мм.

Вместо платиновой можно взять молибденовую проволочку, употребляемую для изготовления «крючков», на которых подвешиваются нити накаливания в электролампах. Проволочка укрепляется в ручке (лучше всего впаять ее в стеклянную палочку или трубку), свободный конец загибается ушком диаметром 2—2,5 мм. Проволочку хранят в чистой пробирке, вставив ручку в просверленную пробку (рис. 56, а).

В ушке платиновой проволочки можно получать *цветные перлы*, позволяющие обнаружить некоторые элементы по характерной окраске при растворении пробы в расплаве бесцветной соли. Проволочку следует предва-

рительно промыть в концентрированной соляной кислоте и длительно прокалить, чтобы удалить следы предыдущих опытов. Раскаленное докрасна ушко погружают в порошок буры или фосфорной соли и вновь вносят в пламя паяльной трубки. При этом бура или фосфорная соль вспучивается, а затем сплавляется в бесцветное прозрачное стекло. Стряхнув избыток расплавленной соли, касаясь ушком растертой в тонкий порошок пробы, стараясь, чтобы прилипло лишь несколько крупинок, и вновь нагревают в пламени паяльной трубки, пока не получится совершенно однородная картина. Цвет полученного перла рассматривают в лупу в горячем и холодном состоянии. Сохраняющиеся в перле «фантомы» (бледные контуры) крупинок пробы — признак принадлежности минерала к силикатам.

Окончив опыт, перл расплавляют, стряхивают с проволочки, набирают чистой буры, вновь расплавляют и стряхивают и повторяют так до тех пор, пока перл не станет бесцветным.

*Испытания в закрытой и открытой трубках.* Закрытая стеклянная трубка делается длиной 7—8 см и запаивается с одного конца (рис. 56, б). Открытая трубка имеет длину около 15 см и сгибается в 4 см от одного из концов (рис. 56, в). Чтобы отделить нужный кусок трубки, делают надрез ребром смоченного водой напильника или абразивного бруска, обертывают трубку тряпкой и обламывают по надрезу. Место будущего сгиба нагревают в пламени газовой горелки или примуса, вращая трубку вокруг продольной оси; когда стекло размягчится, трубку вынимают из пламени и сгибают. Если нагретую трубку растянуть за концы, разделить на две части и оплавить тонкие концы до запаивания, получатся две закрытые трубки.

Для испытания в закрытой трубке небольшое количество порошка или мелких крупинок минерала помещают на дно и, направив открытый конец в сторону от лица, нагревают в пламени паяльной трубки — сначала слегка, затем все сильнее. При этом может происходить запотевание стенок, осаждение различных налетов и т. д.

Для испытания в открытой трубке тонкий порошок минерала помещают в сгибе, трубку держат пинцетом, постепенно прогревают, начиная с верхнего, более длинного колена, и нагревают место, где находится проба. При

этом в трубке устанавливается тяга и проба подвергается энергичному окислению кислородом воздуха. О составе минерала судят по возгонам и другим выделениям.

*Определение плавкости.* Тонкий осколок минерала размером не более 2—3 мм зажимают пинцетом и постепенно прогревают до максимальной температуры. При этом может происходить быстрое сплавление в шарик, медленное оплавление тонких краев, сплавление в прозрачную или мутную, бесцветную или окрашенную эмаль, вспучивание, растрескивание, загорание голубым пламенем (сульфиды) и т. д.

*Окрашивание пламени.* Присутствие некоторых элементов вызывает характерное окрашивание пламени при нагревании пробы. Окрашивание обычно наблюдают одновременно с определением плавкости, помещая пробу в самую горячую точку пламени паяльной трубки. Некоторые минералы окрашивают пламя только после смачивания крепкой соляной кислотой. Испытание более надежно, если проводить его на платиновой проволочке, которую после предварительной очистки и прокаливания смачивают соляной кислотой и погружают в тонко истертую пробу.

Перед истиранием пробу необходимо прокалить, чтобы удалить возможную примесь мышьяка, от которой проволочка может испортиться.

*Испытания на угле.* В 1—1,5 см от края угольной пластинки делают концом ножа маленькую лунку, помещают туда тонкий порошок испытуемого минерала или его смесь с тройным объемом соды, смачивают каплей воды и прижимают пальцем, чтобы проба не выдувалась из лунки. При нагревании окислительным пламенем получаются окислы металлов, образующие белые или цветные налеты, дымы с характерным запахом, окрашивание пламени и т. д. Под действием восстановительного пламени некоторые минералы дают «корольки» (шарики) металлов, распознаваемых по ковкости, магнитности, растворимости в кислотах и т. д.

*Реакции с нитратом кобальта.* Минерал прокаливают в окислительном пламени, смачивают раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и вновь прокаливают в окислительном пламени. При этом может появляться характерная окраска. Реакции можно подвергать и налеты, образующиеся при прокаливании на угле.

*Определение воды.* Кристаллизационная, цеолитная, гидроксильная или адсорбированная вода обнаруживается по запотеванию стенок при нагревании пробы в закрытой трубке.

Ниже описываются приемы определения важнейших элементов.

*Азот N:* 1) при прокаливании на угле нитраты (соли азотной кислоты) дают вспышку;

2) нагревание в закрытой трубке смеси порошка минерала с  $\text{KHSO}_4$ : красно-бурые пары с характерным запахом.

*Алюминий Al:* синее окрашивание с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ .

*Барий Ba:* 1) желто-зеленое окрашивание пламени;

2) из раствора минерала в соляной кислоте при добавлении серной кислоты выпадает белый осадок, который можно испытать на окрашивание пламени. Нерастворимый минерал предварительно сплавляют в платиновой проволочке с тройным объемом соды.

*Бериллий Be:* 1) серовато-сиреневое окрашивание с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ;

2) минерал сплавляют с содой и растворяют в соляной кислоте. При добавлении раствора карбоната аммония выпадает белый осадок, растворяющийся в избытке реактива и вновь выпадающий при кипячении раствора.

*Бор B:* зеленое окрашивание пламени.

*Ванадий V:* 1) перл буры в окислительном пламени желто-зеленый, в восстановительном — зеленый. Перл фосфорной соли в окислительном пламени желтый, в восстановительном — зеленый;

2) к разбавленному раствору минерала в соляной кислоте добавляют по каплям перекись водорода: красно-бурое окрашивание.

*Висмут Bi:* 1) прокаливание на угле в восстановительном пламени смеси минерала с содой: хрупкий королек металлического висмута и желтый налет;

2) порошок минерала смешивают с содой и йодистым калием и нагревают на угле в окислительном пламени: желтый налет около пробы и ярко-красный — на удалении от нее.

*Вольфрам W:* 1) перл буры в окислительном пламени бесцветный, в восстановительном — желтый до желто-бурого; перл фосфорной соли в окислительном пламени бесцветный, в восстановительном — голубой;

2) тонкий порошок минерала помещают на алюминиевую пластинку, смачивают водой и добавляют каплю соляной кислоты; через некоторое время раствор окрашивается в голубой цвет.

*Железо Fe:* 1) перл буры в окислительном пламени бледно-желтый, в восстановительном пламени — бледно-зеленый;

2) Fe-содержащие минералы приобретают магнитные свойства при прокаливании в восстановительном пламени, а также при сплавлении с содой в восстановительном пламени;

3) минерал сплавляют в закрытой трубке с тремя объемами буры, трубку разбивают, сплав измельчают в ступке и растворяют при кипячении в воде, подкисленной серной или соляной кислотой. Темно-синее окрашивание при добавлении раствора красной кровяной соли указывает на присутствие двухвалентного железа, красное окрашивание при добавлении раствора какой-нибудь роданистой соли — реакция на трехвалентное железо. Иногда цветную реакцию дает разбавленная вытяжка, получаемая кипячением тонкого порошка минерала с небольшим количеством соляной кислоты.

*Калий K:* окрашивание пламени в фиолетовый цвет. Наблюдать его следует через синее стекло, так как в присутствии натрия окрашивание маскируется желтым.

*Кальций Ca:* 1) кирпично-красное окрашивание пламени;

2) раствор в соляной кислоте при добавлении серной кислоты дает белый осадок, исчезающий при кипячении предварительно сильно разбавленного раствора.

*Кобальт Co:* синие перлы буры и фосфорной соли как в окислительном, так и в восстановительном пламени.

*Литий Li:* карминово-красное окрашивание пламени.

*Магний Mg:* мясо-красное окрашивание с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ .

*Марганец Mn:* 1) красно-фиолетовые перлы в окислительном пламени;

2) бирюзовое окрашивание сплава с содой на угле в окислительном пламени, исчезающее в восстановительном пламени. Для повышения чувствительности реакции перед сплавлением добавляют немного селитры  $\text{KNO}_3$ ;

3) реакция Фадеева: при кипячении с разбавленной 1:1 серной кислотой порошков вада, романешита (псило-

мелана), криптомелана — окраска от розовой до фиолетово-красной; пиролюзит и манганит окрашивания не вызывают.

*Медь* Cu: 1) изумрудно-зеленое окрашивание пламени, после смачивания соляной кислотой — лазурно-голубое. Галогениды меди (атакамит и др.) дают голубое окрашивание и без смачивания соляной кислотой;

2) голубые перлы в окислительном пламени;

3) ковкий королек меди после сплавления с содой и длительного прокаливания на угле в восстановительном пламени;

4) кислотные вытяжки Cu-содержащих минералов имеют зеленоватый цвет, при добавлении раствора аммиака переходящий в синий.

*Молибден* Mo: 1) перл фосфорной соли в окислительном пламени бесцветный, в восстановительном пламени — зеленый;

2) прокаливание на угле в окислительном пламени: белый налет, изменяющий окраску при быстром действии восстановительного пламени на бархатно-синюю, при медленном — на медно-красную.

*Мышьяк* As: 1) в окислительном пламени выделяется белый дым с запахом чеснока; на угле серый налет далеко от пробы;

2) в закрытой трубке — блестящий серый налет («зеркало») на стенках вдали от пробы, мелкокристаллический — около пробы;

3) порошок минерала растворяется в соляной кислоте (иногда для растворения требуется нагревание или добавка азотной кислоты). В раствор помещают кусочек цинка. При наличии As выделение водорода сопровождается образованием коричневой пены свободного мышьяка.

*Натрий* Na: интенсивное желтое окрашивание пламени.

*Никель* Ni: перл буры в окислительном пламени красновато-бурый, в восстановительном — серый.

*Олово* Sn: рубиново-красный перл буры с присадкой меди. Касситерит  $\text{SnO}_2$  при нагревании с  $\text{HCl}$  в присутствии кусочка цинка покрывается металлическим налетом, легко полирующимся бумагой или тканью.

*Ртуть* Hg: нагревание с содой в закрытой трубке: на стенках возгон из мелких капелек металлической ртути.

*Свинец Pb*: 1) восстановление на угле с содой: блестящий ковкий королек свинца и зеленовато-желтый налет вблизи пробы;

2) прокаливание на угле сплава с содой, иодистым калием и серой: зеленовато-желтый налет, иногда с красной каймой у пробы;

3) добавление крупинки иодистого калия к разбавленному раствору минерала в азотной кислоте вызывает появление желтого осадка.

*Сера S*: 1) в закрытой трубке сернистые соединения дают желтый возгон серы,

2) порошок минерала в смеси с тройным объемом соды и добавкой угля сплавляется на угле в окислительном пламени. Сплав помещается на серебряную пластинку или монету и смачивается каплей воды. При наличии серы на пластинке появляется черное или темно-бурое пятно (реакция на «серную печень»);

*Серебро Ag*: 1) прокаливание сплава с содой на угле в восстановительном пламени: блестящий нетускнеющий королек серебра;

2) порошок минерала или сплав с содой растворяют в крепкой азотной кислоте, раствор разбавляют. От добавления соляной кислоты выпадает белый творожистый осадок, растворяющийся при добавлении раствора аммиака.

*Стронций Sr*: карминово-красное окрашивание пламени.

*Сурьма Sb*: нагревание на угле в окислительном пламени: густой белый налет вблизи пробы, без чесночного запаха.

*Титан Ti*: 1) перл фосфорной соли в окислительном пламени бесцветный, в восстановительном — фиолетовый;

2) сплав минерала с содой нагревают с разбавленной серной кислотой и после остывания добавляют по каплям 3%-ный раствор перекиси водорода: возникает окрашивание от желтого до фиолетового;

3) сплав минерала с содой растворяют в концентрированной соляной кислоте и кипятят с кусочком цинка или олова: при этом возникает сине-фиолетовое окрашивание.

*Углерод C*: карбонаты разлагаются в соляной кислоте с выделением углекислого газа — одни в разбавленной,

другие — только в концентрированной, третьи — при нагревании.

**Уран U:** перл фосфорной соли в окислительном пламени желто-зеленый, в восстановительном — зеленый.

**Фосфор P:** прокаленную пробу истирают, смешивают с тройным объемом порошка магнезия и нагревают в закрытой трубке. При наличии фосфора реакция идет со вспышкой, иногда с легким взрывом. Остывшая масса при смачивании каплей воды издает запах гнилой редьки.

**Цинк Zn:** при нагревании смеси порошка минерала с содой на угле в восстановительном пламени вблизи пробы образуется белый налет, который окрашивается в зеленый цвет при смачивании раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и нагревании в окислительном пламени.

**Тактика диагностики.** Располагая солидным арсеналом диагностических средств, необходимо все же научиться хотя бы часто встречающиеся минералы узнавать просто по внешнему виду. Но большинство минералов не имеет столь постоянных внешних признаков, как, допустим, цветы или грибы. Один и тот же минеральный вид можно встретить в выделениях совершенно различной формы, размера и цвета. Поэтому для основательного знакомства потребуется не неделя и не месяц. Дело будет двигаться тем быстрее, чем больше внимания вы уделите изучению минералов, стараясь запоминать их «в лицо». Вскоре вы уже сможете распознавать некоторые минеральные виды в знакомых формах и сочетаниях, иными словами — в знакомых образцах, и постепенно научитесь различать все большее их число и во все более разнообразном виде.

Но лучший способ знакомства — специальные упражнения по диагностике. Известно, что минералы, определяемые самостоятельно, запоминаются особенно хорошо. А чем больше знакомых минералов, тем легче определять остальные. И если в затруднительном случае возникнет необходимость в сложной диагностической процедуре, то вы уже будете вооружены практическими навыками, без которых ничего не стоит. Самый эффективный способ диагностики и даже простая задача может поставить в тупик.

Примите за правило делать диагностическое заключение по всей совокупности признаков, включая форму

выделения, минералы-спутники, особенности месторождения. Это предполагает известную минералогическую грамотность, как, впрочем, и вся диагностическая работа. Не позволяйте себе искать подсказки, пока самостоятельно не исчерпаете все имеющиеся возможности. При случае посоветуйтесь со специалистом-минералогом, но к этому моменту постарайтесь иметь собственное мнение. Не принимайте на веру даже авторитетную версию, пока сами не убедитесь в ее правильности.

Начинающему любителю нужно освоить испытанную методику одного из хороших определителей минералов (например, определителей П. П. Пилипенко и П. В. Калинина или Н. А. Смольянинова), по которым обучаются будущие геологи. Эти руководства построены на поисках различий: последовательном исключении целых разделов, признаки которых, в первую очередь наиболее очевидные, не совпадают с признаками определяемого минерала. Например, если перед вами синие кристаллы со стеклянным блеском, то вначале исключаются все минералы с металлическим блеском, из оставшихся исключаются порошкообразные, волокнистые и т. п., затем минералы с твердостью выше, чем у определяемого, после этого — все, кроме минералов синего цвета и т. д. Когда останется всего два-три варианта, вопрос решается с помощью диагностических испытаний.

Диагностический поиск существенно упрощается, если ваши знания позволяют уже с самого начала сделать те или иные конкретные предположения. В этом случае в первую очередь также оцениваются признаки, доступные непосредственному наблюдению. Внимательный осмотр заставит исключить одну версию из-за несовпадения кристаллографических признаков, другую — из-за иного характера спайных трещинок и т. д. Исчерпав эти простые способы, прибегают к специальным испытаниям. Иногда на этом заключительном этапе достаточно установить характерное присутствие одного-двух химических элементов. Например, кристаллы определяемого минерала имеют форму шестигранных призм с пирамидальной головкой; образец взят из зоны окисления сульфидных свинцовых руд. Форма кристаллов позволяет предположить апатит  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ , миметизит  $\text{Pb}_5[\text{AsO}_4]_3\text{Cl}$ , ванадинит  $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$ , пироморфит  $\text{Pb}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$ . Апатит, однако, не характерен для зон окисления, к тому же

твердость минерала ниже 5. Остальные минералы содержат свинец. Прежде чем идти дальше, испытанием на угле устанавливаем, что в определяемом минерале действительно содержится свинец. При прокаливании ощущается чесночный запах — признак мышьяка. Однако в данном случае этот признак мало что говорит нам: изоморфную примесь мышьяка могут содержать и пироморфит, и ванадинит. Следовательно, необходимо проверить минерал на фосфор или ванадий. Выбираем фосфор: реакция достаточно отчетлива и под рукой есть нужный реактив — порошок магния. Испытание подтверждает наличие фосфора. Итак, останавливаемся на версии: пироморфит с формулой  $Pb_5[(P,As)O_4]_3Cl$ . Вслед за испытанием полезно сделать сравнительную пробу «эталона», в данном случае крупинки точно диагностированного пироморфита.

Диагностическое значение минералов-спутников показывает следующий пример. Определяемый минерал — изометричные кристаллы красного цвета, расположенные в окружении светло-зеленого просвечивающего минерала листоватого сложения. Наличие граней ромбодекаэдра наводит на предположение об одном из гранатов. Но красный цвет могут иметь разные гранаты, образующиеся в различных условиях. «Адрес» нашего образца неизвестен, зато о типе месторождения кое-что может сказать слюдоподобный минерал-спутник: такого рода минералы довольно хорошо различаются с точностью по крайней мере до группы классификации. Листочки гибки — следовательно, отпадают минералы группы хрупких слюд, и неупруги — отпадают слюды; по-видимому, мы имеем дело с одним из хлоритов, внешне больше всего похожим на клинохлор. В такой компании можно встретить (в скарновых месторождениях) гранаты только андрадит-гроссулярового ряда; остальные образуются большей частью в магматических породах, гранитных пегматитах, кристаллических сланцах, для которых массивные выделения хлоритов не характерны. Сделанное предположение можно проверить по совокупности признаков данных гранатов.

Конечно, далеко не все минералы могут служить подобными указателями; мало что скажут, например, такие легко распознаваемые спутники, как кварц или кальцит — они встречаются в разнообразных парагенезисах.

При работе с паяльной трубкой необходимо следить за чистотой посуды и приспособлений, тщательно отбирать пробы, не допуская попадания в них посторонних минералов. Открытая и закрытая стеклянные трубки, как правило, могут быть использованы однократно. Начинать лучше с менее трудоемких реакций — испытаний на плавкость, получения цветных перлов. Иногда одну и ту же реакцию дают различные элементы (например, окрашивание пламени Li и Sr), а иногда к ошибочным выводам может привести небольшая примесь элемента, дающего высокочувствительную реакцию (типичный пример — синее окрашивание с красной кровяной солью из-за ничтожной примеси двухвалентного железа). В таких случаях нужны дополнительные испытания.

Несколько слов об особенностях диагностики отдельных классов и групп минералов. Минералы с металлическим блеском — это обычно или самородные металлы, или сульфиды, или окислы. Металлы можно быстро узнать по ковкости. Остальные минералы с металлическим блеском в той или иной степени хрупки; их следует испытать на горючесть и плавкость, подвергнуть восстановлению до металлических корольков. Карбонаты имеют невысокую твердость и легко распознаются по реакции с соляной кислотой; определение катионов также обычно не вызывает затруднений. Из обширного класса силикатов труднее всего поддаются диагностике (с точностью до вида) амфиболы и глинистые минералы. Принадлежность к группе амфиболов устанавливается по совершенной спайности по ромбической призме (т. е. в двух направлениях) с углом  $120^\circ$ , отличающей амфиболы от похожих на них минералов, однако волокнистые и скрытокристаллические различия распознать труднее, и необходимо прибегать к более сложным испытаниям. За рамки любительских возможностей выходит надежное распознавание видов «лучистых» цеолитов, некоторых фосфатов и сульфатов железа, боратов кальция и магния, сульфатов магния, содержащих кристаллизационную воду. С трудом определяются природные смеси, образующиеся при частичном замещении минералов.

Если все попытки самостоятельного определения остались безрезультатными или возникло предположение о находке нового минерала, необходима диагностика точными методами. Для этого требуется передать

специалисту или минералогическому научному учреждению хороший образец минерала и некоторое количество обломков для исследований, указав точное место и дату находки, фамилию, имя, отчество и домашний адрес нашедшего. Материалы можно направить, например, на имя ученого секретаря Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана Академии наук СССР (117071, Москва, Ленинский проспект, 18, корп. 2). Это даст специалистам возможность своевременно выполнить исследования, на основании которых может быть установлен новый минерал и утвержден приоритет открытия (а также вашей находки).

### ПРЕПАРИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ

Всякий раз, когда выпадает случай посмотреть хорошее минералогическое собрание, мы поражаемся изяществу лучших экспонатов и той их естественности, которая невольно внушает мысль, что камень отбит одним-единственным удачным ударом или неким непостижимым образом отделился сам собой...

Природа, однако, далеко не всегда одаривает нас готовыми коллекционными шедеврами. Правда, тем самым она оставляет нам приятную возможность попытаться сделать это самим, проявив свое умение, вкус, знание минералов. Образец, считавшийся «бросовым», можно иной раз отпрепарировать в вызывающий всеобщее восхищение экспонат, достойный почетного места в коллекции.

И вместе с тем, пожалуй, ничто не вызывает столько огорчений собирателей, как именно препарирование. Образец надо найти, со всеми предосторожностями извлечь и доставить домой, потратить уйму времени и сил на препарирование — и вот после того, как в него вложено столько труда и старания, предательская трещина в последний момент разом рушит все надежды. Очень важно уловить последнюю грань допустимого риска и заставить себя вовремя остановиться. Другая опасность — это измена главному принципу коллекционера, гласящему, что минералогический образец — самостоятельная эстетическая ценность, и не позволяющему превратить его в сувенир-безделушку.

Принадлежности для препарирования. Несложное приспособление, с помощью которого развивается достаточное скалывающее усилие, позволит свести к минимуму ударные нагрузки — главную причину поломок образцов. Скалывание осуществляется направленными навстречу друг другу зубьями из закаленной стали или твердосплавных пластинок, применяемых для наконечников токарных резцов. Зубья укрепляются в прочной струбине (рис. 57, а), или на отрезках стального уголка, устанавливаемых в губках слесарных тисков (см. рис. 57, б), а усилие создается с помощью снабженного рукояткой винта. Для более крупных образцов применяется стальная конструкция (рис. 58), в которой винт служит для установки образца, а рабочее усилие развивается связанным с нижним зубом эксцентриковым механизмом или автомобильным домкратом.

И все же основную работу приходится выполнять такими грубыми орудиями, как молотки и зубила. Крупные зубила (длиной 80—100 мм) делаются из инструментальной стали прямоугольного сечения, затачиваются симметричным клином с углом  $45^\circ$  (рис. 59) и хорошо закаливаются. Отличный материал — токарные резцы из быстрорежущей стали; их дополнительная закалка после заточки не требуется. Нужны также зубила шириной 5—8 мм, длиной 70—80 мм, с углом заточки  $20\text{—}30^\circ$ . Изготовить их можно из различного металлорежущего инструмента — резцов, надфилей и т. п. Самые мелкие зубильца делают из толстых швейных иголок. Часть их следует заточить односторонним клином с углом  $30^\circ$ . Мелких и средних зубил нужно запастись побольше, так как они быстро тупятся и ломаются.

Молотки должны быть с плоскими квадратными бойками, массой 300—350, 150—180 и 70—100 г и рукоятками длиной 25 см. Пригодны «часовые» и небольшие слесарные молотки с заточенными клювами.

*Резка* камня производится на специальных станках с помощью алмазных отрезных дисков. В станочке, показанном на рис. 60, отрезной диск *I* диаметром 160—250 мм приводится во вращение с частотой 2000—2500 мин<sup>-1</sup> электродвигателем мощностью 250 ватт. Рабочая часть диска выступает над прорезью металлического столика *2*, по которому вручную осуществляется подача разрезаемого камня. Шпиндель диска должен

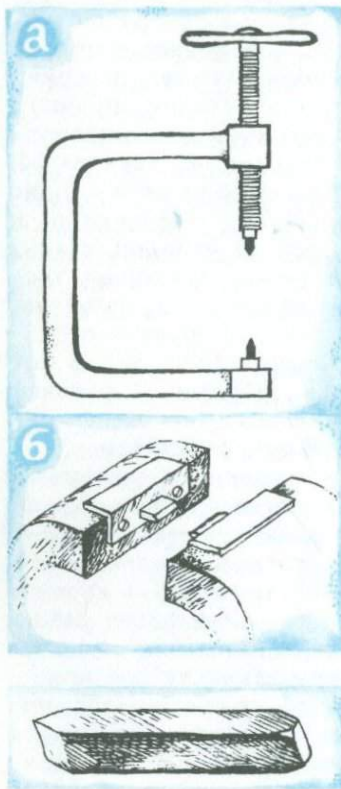


Рис. 57. Приспособления для препарирования:

*a* — в струбине;  
*б* — в тисках

Рис. 58. Приспособление для раскалывания крупных образцов:

1 — установочный винт;  
2 — рама;  
3 — зубья;  
4 — рукоятка;  
5 — эксцентрик (кулачковый механизм);  
6 — толкатель

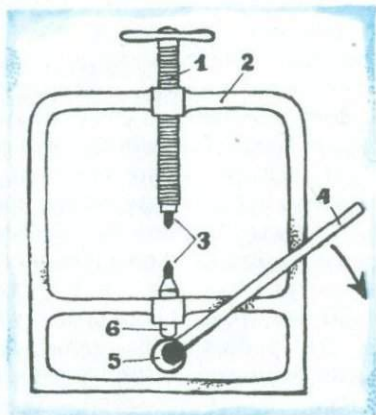


Рис. 59. Препараторское зубило

быть снабжен шариковыми подшипниками и хорошо отрегулирован. Обязательное условие резания — обильное смачивание и охлаждение диска и камня. В любительских установках для этого обычно используется вода, иногда с добавкой синтетического моющего средства. В данной конструкции жидкость из поддона 3 захватывается вращающимся диском, направляется козырьком 4 в место резания и возвращается через прорез столика в поддон. Брызги задерживаются прозрачным щитком 5. В других вариантах жидкость подается по пластиковым трубкам из сосуда, установленного на некоторой высоте; это позволяет обойтись без козырька, ограничивающего рабочую часть диска. Камень равномерно и с небольшим усилием передвигают обеими руками,

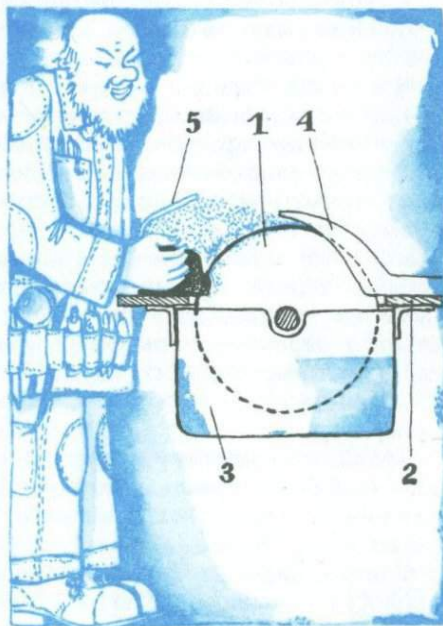
не допуская искрения, перекосов и заеданий диска. Кнопку электродвигателя следует снабдить штоком или педалью, позволяющими отключать его бедром или ступней, когда руки заняты.\*

Для препарирования потребуются большие плотницкие клещи, ученическая ручка с мелкими чертежными перьями, набор швейных иголок, укрепляемых в ножке чертежного циркуля, бамбуковые или дубовые щепочки длиной 5—10 см, бритвенные лезвия, 10-кратная лупа, небольшая щетинная кисть, щетки — мягкая и жесткая щетинные и стальная проволочная, некоторые химикалии (см. раздел «Химические способы препарирования»), посуда для мойки и химической обработки минералов.

Последовательность операций. Препарирование так или иначе сводится к удалению частей образца, а следовательно, связано с понижением его

Рис. 60. Станок для резки камня:

- 1 — отрезной диск;
- 2 — столик;
- 3 — поддон;
- 4 — козырек;
- 5 — шток



\* См. также Коробков А., Рапопорт Ю. Раскрытие камня. — «Наука и жизнь», 1976, № 4, 6; Никитин Ю. Подделочные камни и их обработка. Л., Наука, 1979.

прочности. Поэтому в первую очередь выполняются грубые операции, требующие больших механических усилий.

Обычно препарирование ведут в такой последовательности.

1. Склеивают треснувшие штуфы, которые могут развалиться при дальнейшей обработке.

2. Чистят и моют образцы, удаляя пыль, остатки растительности и другие загрязнения.

3. Внимательно осматривают «заготовку» и составляют план обработки.

4. Образцам, нуждающимся в форматизации, придают выбранную форму и размеры.

5. Отрабатывают детали — вскрывают полости, удаляют мешающие скопления второстепенных минералов и т. д.

6. Очищают поверхности от налетов и корочек посторонних минералов.

7. Производят ремонт поврежденных образцов.

8. Принимают меры по сохранению нестойких образцов.

**Чистка образцов.** Большинство минералов можно мыть обычной водой или растворами синтетических моющих средств. Предварительно образец следует намочить в чистой воде, иначе после высыхания на нем могут появиться трудно удаляемые белые выцветы. Не рекомендуется для чистки карбонатов употреблять мыло — это может вызвать появление нерастворимого тусклого налета. Во избежание растрескивания кристаллов вода не должна быть горячей. Особенно чувствительны к перемене температуры самородная сера, реальгар, некоторые разновидности пирита, халькопирита, блеклых руд. Кристаллы этих минералов моют водой комнатной температуры.

Твердые и плотные образцы моют жесткой щеткой, углубления — с помощью кисти. Постоянное и обильное увлажнение позволяет избежать царапин от твердых частиц. Для мойки можно пользоваться струей воды из шланга, надетого на водопроводный кран. Углубления и полости отмывают сильной струей высокого давления, получаемой от наконечника с узким отверстием. Для улавливания ценных кусочков и мелких кристалликов образцы отмывают в тазу. Застрявшие крупинки удаляют иголкой, чертежным пером или бамбуковой щепочкой.

Образцы с нежными и хрупкими игольчатыми кристалликами моют спокойной струей или окунают в воду отмываемой стороной.

Длинные пучки волосовидных кристаллов не допускают даже и такого осторожного мытья: в воде они слипаются, свободные кристаллики выпадают, а образец теряет естественный вид. В таких случаях приходится ограничиться осторожным обдуванием изо рта или резиновой груши, а застрявшие частицы удалить иглой или тонкой бамбуковой щепочкой.

Труднее всего удалить приставшие к поверхности камня глину и лишайники. Бесполезно пытаться чистить углубления щеткой: глина лишь забивается в уголки и держится очень цепко. Лучше всего отмывать ее струей высокого давления или дожидаться полного высыхания: при этом глина растрескивается, отстает от поверхности и легко удаляется иглой или щепочкой. Помогает также вымачивание в растворе аммиака, керосине или уксусе и обработка струей горячего пара.

Лишайники размягчают вымачиванием в растворе аммиака и затем соскребают иглой, бритвенным лезвием, проволочной щеткой или щепочкой. После высыхания на остатки наносят концентрированную серную кислоту; через час или более образец ополаскивают, чистят обуглившиеся лишайники щеткой и тщательно промывают.

Битум, масла, жиры удаляют бензином или скипидаром.

Известна ультразвуковая чистка (при частоте 20—30 кГц) моющими растворами, эффективная при обычных загрязнениях (глина, корочки хлорита), в особенности при наличии в образцах хрупких кристалликов, не допускающих мытья щеткой. Продолжительность обработки составляет несколько минут, отделение глины и хлоритов может потребовать более часа.

Нельзя мыть водой легко растворимые минералы, к которым, в частности, относятся:

афиталит	каинит	копиапит	пизанит
бишофит	калиевая селитра	лангбейнит	полигалит
бура	калушит	мелантерит	сильвин
галит	карналлит	мирабилит	тенардит
гейлюссит	квасцы	натриевая селитра	термонаитрит
гексагидрит	кизерит	нашатырь	трона
глауберит	кокимбит	нитрокальцит	

Проще всего мыть эти минералы их собственными насыщенными растворами. Если такой возможности нет, употребляют бензин или другую высыхающую жидкость, не действующую на образец.

Нельзя мыть водой опалы и глинистые минералы, так как они поглощают воду и после высыхания могут растрескиваться.

Оценка образцов. Увлажнение придает минералам обманчивую привлекательность: цвет становится более насыщенным, скрадываются дефекты поверхности. Оценку вымытых образцов следует поэтому отложить до их полного высыхания.

Тщательно изучив образец при хорошем освещении и с помощью лупы, намечают цель и план действий: как должен выглядеть образец в окончательном виде и как этого добиться.

Раскрытие «содержания» образца способствует правильное композиционное решение: надлежащее размещение смыслового центра, выигрышные пропорции между главными и второстепенными деталями, между размерами образца в целом и величиной отдельных кристаллов. Эти соображения нужно считать руководящими, насколько позволяет исходный материал и возможности препарирования. Экономия места, размеры ящиков — соображения второстепенные; условия хранения должны быть приспособлены к размерам образцов, а не наоборот. Образцам массивных и зернистых агрегатов целесообразно придать приблизительно плоскую прямоугольную форму.

Подчиняя препарирование эстетическим соображениям, нужно выполнять его грамотно и в минералогическом отношении, сохраняя редкие, ценные минералы и морфологически интересные детали.

Некоторые образцы становятся «экспонатными» в разрезанном и полированном виде. Полировка позволяет выигрышно показать окраску и строение некоторых агрегатов (малахит, элит, агаты, кремни, яшмы, кварцевая и турмалиновая «графика» пегматитов), включения рутила, пирита и других минералов в прозрачных кристаллах, зональность кристаллов («фантомы» кварца и кальцита, зональная окраска «арбузного» турмалина). Полировкой удастся облагородить некачественные образцы. Но при полноценном материале приходится выби-

рать между выразительностью внешних форм и соблазном показать образец изнутри. В какой-то мере иногда удается сочетать то и другое: например, хорошо образованный кристалл с интересной зональностью, не видимой за непрозрачным внешним слоем, будет смотреться лучше, если одну из граней освободить от «рубашки» и отполировать.

Техника механического препарирования. Форматизация образца — наиболее ответственный и сложный этап работы. Чтобы сохранить естественный вид образца, желательно откалывать крупные куски, не скругляя очертаний; при этом, однако, возрастает риск повреждения.

Основание, состоящее из рыхлой и мягкой породы, будет легко обрабатываться ножом или шилом; крупные и слабо сцементированные зерна можно разобрать клещами, шилом, отверткой, тонким зубилом. Лишнюю часть плотного, твердого основания можно отрезать алмазным диском: с обратной стороны штуфа — полностью до нужной толщины; боковые стороны лучше надрезать на  $\frac{2}{3}$  толщины, а затем отколоть край, расклинив надрез тонким зубилом — срезы будут не так заметны.

Если перечисленные способы неприменимы, основание форматизируют, по возможности используя описанные выше приспособления (см. рис. 57, 58). Подкладывая с лицевой стороны кусочки фанеры, можно избежать «забоин».

При форматизации молотком и зубилом сначала, как правило, формируют контуры образца по лицевой стороне, а затем сокращают основание по толщине. Если же основание сланцевато вдоль лицевой стороны или легко обтесывается, целесообразно сначала сократить толщину, а затем осторожно обколоть по контуру. Чем прочнее порода и чем крупнее образец и отделяемая часть, тем больше должна быть масса зубила и молотка. Некоторые породы легко обтесываются непосредственно молотками.

Обкалываемый образец помещают на ладонь левой руки, большим и указательным пальцами держат представленное зубило, а остальными придерживают образец (рис. 61). Более крупные образцы обкалывают, положив на колени и придерживая сверху левой рукой, которой одновременно держат и зубило; самые большие и тяжелые кладут на землю, влажный песок, дерн и т. п. Правой



Рис. 61. Обкалывание вручную

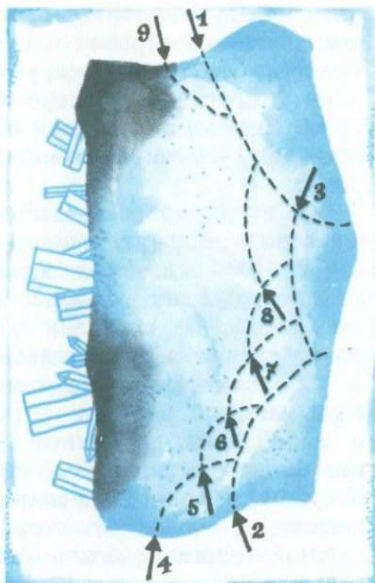


Рис. 62. Обкалывание массивного основания: 1—9 — последовательность шагов

рукой наносят резкие удары молотком по зубилу. Отбивку следует вести преимущественно в продольных и косых направлениях — «елочкой». Повторяя тактику разделения глыб, сбивают один за другим выступы на основании (рис. 62). Зубило должно быть расположено несколько круче к поверхности породы, чем желаемое направление скола.

Дополнительные возможности дают удобно расположенные трещины. «Залеченная» трещина поддается расклиниванию, если заполняющий ее минерал менее прочен, чем порода. Трещина, пересекающая образец поперек, осложняет дело, а иногда вынуждает совсем отказаться от применения молотка. Трещиноватый или вообще непрочный образец нужно обкалывать, направляя удары к центру, иначе почти наверняка произойдет поломка. Обработка должна быть прекращена при первых же признаках раскрытия «вредной» трещины. Закончив форматизацию, незаметно забивают молотком острые кромки и приступают к отработке отдельных деталей.

Вскрытие полостей, удаление небольших кусочков производится мелкими зубильцами, иголками и молоточ-

ками. Пленки, корочки, «рубашки» снимаются бритвенным лезвием, иглой, а с твердых кристаллов — щеткой из стальной проволоки. Прочно приставшие корочки осторожно скалывают маленьким зубильцем с односторонней заточкой, направляя его вдоль грани кристалла.

Кристаллы с твердостью выше 4,5—5 можно чистить зубной щеткой или тряпочкой с пастой из тонко истертой пемзы, средствами для чистки ванн и эмалированной посуды («Гигиена», «Пемоксоль»), зубной пастой (состоящей главным образом из тонко размолотого полевого шпата).

**Химические способы препарирования.** Химическое препарирование основано на избирательной способности различных химических реагентов разрушать одни минералы, не действуя на другие. Обработка имеет целью либо полное растворение удаляемого минерала, либо разрушение его до такой степени, когда он легко поддается механическому удалению.

В практике химического препарирования используются главным образом кислоты — соляная, азотная, щавелевая, плавиковая, и некоторые другие вещества. Активность всякого реагента повышается с его концентрацией и температурой и со степенью дисперсности (раздробленности) минерала, а избирательность может зависеть от продолжительности воздействия. В связи с этим длительность обработки должна быть минимальной: основную массу налетов следует удалять вручную, оставлять образцы в растворах лишь на необходимое время и прекращать обработку, как только становится ясно, что нужных изменений больше не происходит. Химической обработке всегда следует предпочесть равноценную ей механическую, если можно выполнить ее незаметно.

Обязательное правило — тщательная промывка обработанных образцов до полного удаления остатков реагента и продуктов реакции.

**Удаление карбонатов.** Универсальное средство для растворения карбонатов — соляная кислота. Пригодна кислота любой степени чистоты, в том числе техническая. Наиболее удобны 5—10%-ные растворы соляной кислоты: они не издадут резкого запаха, не выделяют едких паров и уже без нагревания энергично растворяют кальцит и арагонит, не действуя на другие минералы, разъедаемые кислотой более высокой концентрации.

Разбавленную в 10—15 раз соляную кислоту можно уверенно применять для удаления кальцита даже из образцов сфалерита и большинства цеолитов. В то же время кристаллы галенита быстро тускнеют и в сильно разбавленной кислоте. Данные о растворимости минералов в кислотах приведены в приложении 1.

Подлежащий обработке образец помещают в стеклянный, фарфоровый или пластмассовый сосуд с разбавленной соляной кислотой, накрывают крышкой, чтобы предотвратить разбрызгивание, и оставляют до прекращения выделения пузырьков углекислого газа. Отработанный раствор по мере надобности заменяют свежим. Если требуется, образец обрабатывают по частям кисточкой или тампоном, или применяют защитные покрытия — битумный лак, раствор воска или парафина в бензине, которые затем удаляют растворителем.

Расход соляной кислоты составляет 16—18 мл (в расчете на максимальную концентрацию) на каждые 10 г растворяемого кальцита или арагонита.

Промывка в нескольких сменах воды продолжается не менее 1—2 часов, пористые образцы должны оставаться в воде сутки.

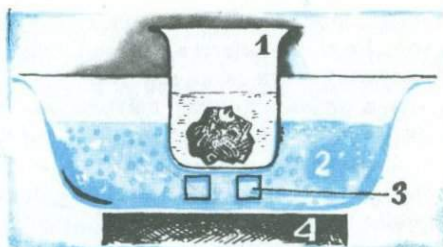
Нельзя обрабатывать кислотой кристаллы с залеченными кальцитом трещинами и зональными включениями кальцита (нередкими, в частности, в диопсидах и гранатах из скарнов).

Другие карбонаты (магнезит, доломит и др.) растворяются в более крепкой соляной кислоте, иногда при нагревании. Нужная концентрация находится пробой: выделение пузырьков газа свидетельствует о растворении. Карбонаты растворяются также в разбавленной азотной кислоте.

*Удаление корочек и налетов гётита.* Под действием крепкой соляной кислоты бурые корочки гётита (лимонита) переходят в растворимый хлорид железа. Обработка производится вслед за растворением карбонатов. Сухой образец необходимо предварительно подержать около 1 часа в тепловатой воде, что облегчит дальнейшую промывку. Стряхнув воду, образец помещают в сосуд с концентрированной соляной кислотой и плотно закрывают стеклянной или полиэтиленовой крышкой. В зависимости от толщины растворяемого налета обработка занимает от нескольких минут до суток и более. Затем

Рис. 63. Водяная баня:

- 1 — сосуд с обрабатываемым образцом и реагентом;
- 2 — сосуд с кипящей водой;
- 3 — подставка;
- 4 — нагреватель (электроплитка или др.)



следует ополаскивание и промывка в течение 1—3 суток в воде, подкисленной несколькими каплями соляной кислоты (для предотвращения гидролиза хлорида с осаждением бурой гидроокиси железа), и под конец столько же выдерживают образец в чистой воде. Соляная кислота может быть использована до появления темной красно-бурой окраски.

Гётит растворяется также растворами щавелевой, лимонной и винной кислот, цитратов аммония, калия, натрия. Эти вещества удобнее в работе, но малоактивны и пригодны для удаления лишь тонких налетов. Обработку начинают при комнатной температуре в растворе  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  стакана одного из упомянутых веществ в 1 л воды и продолжают при нагревании на водяной бане (рис. 63). Раствор пригоден до появления темно-желтой окраски.

На кристаллах пирита, марказита, халькопирита лимонит выделяется из минерализующих растворов либо образуется в результате окисления самого сульфида. В последнем случае удаление лимонита лишено смысла, так как обнажается некрасивая корродированная поверхность. Поэтому, прежде чем начинать обработку, следует убедиться, что под лимонитом находятся блестящие грани.

Слишком тщательная чистка может придать образцу неестественно «стерильный» вид, в то время как небольшие ржавые налеты на стыках и основаниях кристаллов не снижают его эстетических достоинств. Если чистка зашла слишком далеко, можно иногда несколько поправить дело, сразу после ополаскивания обработав соответствующие места раствором соды или аммиака: бурый налет частично восстанавливается за счет образования гидроокиси железа.

*Удаление гематита.* Пятна и корочки гематита, как и

гётит, растворяются концентрированной соляной кислотой. Реакция протекает медленно, для ускорения полезно нагревание на водяной бане (только на открытом воздухе или в лабораторном вытяжном шкафу, так как происходит интенсивное выделение хлористого водорода).

*Удаление окислов марганца.* Черные налеты и дендриты окислов марганца быстро растворяются в концентрированной или слегка разбавленной соляной кислоте, иногда попутно с растворением карбонатов. Можно использовать кислоту, употреблявшуюся для растворения гётита и гематита.

*Растворение окислов железа и марганца нейтральными реагентами.* В случаях, когда обработка кислотами противопоказана, можно применить следующий способ. В 1 л прокипяченной тепловатой воды растворяют 71 г трехзамещенного цитрата натрия (лимоннокислого натрия) и 8,5 г бикарбоната натрия (питьевой соды). В закупоренной бутылке раствор может сохраняться длительное время. Образец помещают в небольшой сосуд, заливают раствором и на каждые 50 мл добавляют 1 г безводного дитионита натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  (или 1,2 г кристаллического  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). При необходимости раствор можно разбавить, но не более чем в 2 раза. Обработку ведут при периодическом помешивании в течение 4—12 ч при комнатной температуре или 1—2 ч на водяной бане при температуре не выше  $80^\circ\text{C}$ . При необходимости обработку повторяют свежим раствором. Способ пригоден для удаления гётита, гематита и окислов марганца; другие окислы железа (магнетит, ильменит, хромшпинелиды) не повреждаются.

В минералогической литературе имеются указания на возможность растворения окислов марганца нейтральными растворами гидросульфата гидроксилamina и соли Мора  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (криптомелан, псиломелан, тодорокит, рансьеит, бернессит).

*Применение плавиковой кислоты.* Плавиковая (фтористоводородная) кислота обладает избирательным действием на силикаты и кремнезем: энергично растворяет полевые шпаты и большинство других каркасных силикатов, тонкие налеты глинистых минералов, опал, халцедон, кварц, но даже при длительном воздействии не оставляет заметных следов на многих островных, цепочечных, слоистых силикатах, окислах, фторидах, сульфидах и дру-

гих минералах (см. приложение 1). Плавиковая кислота активно действует на пористый и дисперсный материал, почти не затрагивая блестящих граней. Растворяя гётит, она в отличие от соляной кислоты образует бесцветную соль, оказывая своего рода отбеливающее действие. Двухминутная обработка крепкой плавиковой кислотой усиливает блеск кристаллов кварца (при этом, правда, могут выявиться мелкие близповерхностные полости и несовершенство граней). Но применение плавиковой кислоты требует большой осторожности. Пригодны только хорошо закрывающиеся полиэтиленовые и фторопластовые сосуды — стекло, фарфор, керамика и некоторые пластмассы разъедаются. Данных о действии плавиковой кислоты на минералы пока еще немного, и оптимальный режим обработки следует каждый раз находить опытами на малоценных дублетах. Тонкие силикатные пленочки обычно растворяются за 2—5 минут. Затем следует тщательное ополаскивание, чистка щеткой с раствором моющего средства и промывка в течение нескольких часов.

Практически безопасен заменитель плавиковой кислоты — раствор бифторида аммония  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  в теплой воде. Однако он гораздо менее активен и действует медленно.

*Другие приемы обработки.* Блеск потускневших кристаллов пирита, марказита, халькопирита, гематита, магнетита, ильменита и некоторых других минералов можно восстановить, погружая предварительно выдержанные в воде образцы на несколько секунд в крепкую соляную кислоту или нанося ее кистью. Затем образец ополаскивают, чистят и длительно промывают. Перед окончательной промывкой полезно поместить его на 2—3 часа в слабый раствор аммиака, нейтрализующий остатки кислоты. Травящиеся соляной кислотой минералы можно обрабатывать концентрированной плавиковой кислотой (в том числе галенит, сфалерит, барит, целестин, флюорит и др. — см. приложение 1). Кратковременная обработка плавиковой кислотой возвращает блеск кристаллам, покрытым тонкой силикатной пленкой. Соляная и плавиковая кислоты устраняют побежалость, вызванную окислением поверхности.

Вросшие «присыпки» глины и других посторонних частиц на кальците и других карбонатах можно устранить нанесением на 3—5 секунд разбавленной соляной кислоты с последующей чисткой щеткой.

Уксусная кислота усиливает блеск кристаллов диоптаза, не оставляя на них следов травления.

Налеты вольфрамовой охры — продукта окисления минералов ряда вольфрамита — устраняются горячими растворами едких щелочей.

Меры предосторожности при препарировании. При механическом препарировании следует опасаться ушибов, порезов и разлетающихся осколков камня. Лицо защищают щитком из оргстекла, а руки — перчатками.

При работе с крепкими кислотами опасно попадание их на кожу, действие паров на дыхательные пути и слизистые оболочки. Пользоваться этими веществами можно только при энергичной вентиляции или на открытом воздухе. Ожоги могут причинять также крепкие растворы едких щелочей и аммиака. Особенная осторожность нужна в отношении плавиковой кислоты. Работать с ней можно только в резиновых перчатках, не допуская вдыхания паров. Едкие жидкости следует хранить в плотно закрывающейся посуде, в недоступном для посторонних месте. После использования все принадлежности необходимо немедленно ополаскивать большим количеством воды. Не совсем безобидна и щавелевая кислота: она ядовита и при длительном действии раздражает кожу. Растворы ее нельзя доводить до кипения, так как возможно разложение с образованием ядовитой окиси углерода (угарного газа).

Попавшую на кожу кислоту или щелочь следует немедленно смыть большим количеством воды, затем обработать кожу нейтрализующим раствором: аммиака или соды — при попадании кислоты, уксуса или лимонной кислоты — при попадании щелочи. Плавиковая кислота быстро нейтрализуется также суспензией окиси магния в глицерине. Перечисленные средства во время работы всегда должны быть под рукой.

Не рекомендуется долго держать руки в ванне включенной ультразвуковой установки — это может вызвать симптомы артрита (боли и опухание суставов).

Ремонт образцов. Повреждения и поломки образцов при добычании, транспортировке и препарировании — далеко не редкость. Они снижают коллекционную ценность образцов, однако во многих случаях удается сделать незаметный ремонт.

Сломанные образцы склеивают, по возможности употребляя растворимые клеи — в случае неудачи шов можно разобрать и повторить склеивание. Пористые образцы удовлетворительно склеиваются растворимыми в ацетоне нитроклеями «аго», «суперцемент», «киттификс» и др., прозрачные кристаллы — лучше всего канадским бальзамом. Хорошие результаты дает эпоксидный клей, но шов получается неразборным. Синтетический клей ПВА дает незаметный и прочный шов, но не водостоек — склеенные образцы следует мыть с осторожностью.

Все обломки до самых мелких тщательно собирают, проверяют их взаимное расположение, очищают и обезжиривают чистым бензином или ацетоном. На соединяемые поверхности наносят клей, обломки складывают, выкрошившиеся кусочки тут же возвращают на свои места и прижимают склеиваемые части друг к другу. Если остается заметный зазор, обломки отделяют и опускают в растворитель, чтобы удалить клей и попавшие в шов частички, и повторяют склеивание. Выступивший из шва клей тщательно удаляют смоченной растворителем тряпочкой, образец слегка зажимают в струбцину или обтягивают резиновым эластичным бинтом и оставляют не менее чем на сутки до полного затвердевания клея. Затем обвязку снимают и иглой или бритвенным лезвием удаляют следы клея.

Непрочное, хрупкое, трещиноватое основание необходимо укрепить. Для этого более всего подходит эпоксидный клей, в который можно добавить наполнитель — мел (зубной порошок), цемент, строительный гипс («алебастр») и т. п. Полученной массой покрывают обратную сторону основания и заполняют трещины.

Царапины и забоины ретушируют разбавленным нитролаком или масляным лаком. На кристаллах карбонатов забоины иногда удается сделать незаметными, на несколько секунд нанося на них разбавленную соляную кислоту.

Трещины в прозрачных минералах можно сделать невидимыми, заполняя их глицерином. Трещиноватые агаты и кристаллы провариваются в растительном масле — лучше льняном, можно оливковым или хлопковым. Образец погружают в масло при комнатной температуре, медленно нагревают, не доводя масло до кипения, выдерживают 1 час и оставляют остывать вместе с маслом. Проваривание повторяют 2 — 4 раза.

**Защита образцов от разрушения.** Некоторые минералы в коллекции становятся неустойчивыми: для одних воздух слишком влажен, для других слишком сух; одни чувствительны к кислороду, другие — к свету. В связи с этим отдельные экспонаты нуждаются в специальной профилактической обработке, предотвращающей их разрушение.

**Окислению** подвержены многие сульфиды, особенно пирит, в еще большей степени марказит и сульфиды кобальта и никеля. Быстрее всего окисляются пирит и марказит из ископаемых углей и других осадочных пород — конкреции и псевдоморфозы по растениям и животным. Трещиноватость и пористость ускоряют окисление. Образцы начинают издавать специфический запах, обрастают белыми выцветами и игольчатыми кристалликами сульфатов (особенно вдоль трещин и границ зерен), грани тускнеют и корродируют, коробки и этикетки покрываются буроватыми пятнами и разрушаются. В процесс окисления могут вовлекаться соседствующие минералы.

Окисление прогрессирует тем быстрее, чем дальше оно зашло, поэтому эффективна лишь ранняя профилактика. В зарубежной литературе сообщается о положительных результатах обработки антибиотиками, уничтожающими бактерии, которые активно участвуют в процессах окисления сульфидов. Свежие образцы обрабатывают раствором антибиотика (пенициллина, эритромицина) или натирают порошком препарата. Если же разрушение уже началось, то защита сводится к полному удалению продуктов окисления, обезвоживанию и консервации образца с помощью какого-нибудь герметизирующего покрытия. Образец обрабатывают соляной, плавиковой или щавелевой кислотой и длительно промывают чистой водой. Для нейтрализации следов кислоты, присутствие которой способствует окислению, образец помещают на 12—24 часа в закрывающийся сосуд, внутри которого в отдельном сосуде находится крепкий раствор аммиака. Выступившие тонкие налеты лимонита чистят сухой щеткой или замшей. Затем образец промывают погружением на 15—20 мин в чистый этиловый спирт, сушат на воздухе или при слабом нагревании и наносят защитное покрытие одним из двух способов:

1) путем проваривания в растительном масле (см. выше);

2) путем двукратного погружения в лакирующий раствор на 15—20 мин с сушкой каждый раз около суток.

Лакирующий раствор представляет собой бесцветный масляный лак, разбавленный скипидаром или уайт-спиритом в 2 — 4 раза, или 7 — 10%-ный раствор поливинилацетата в смеси равных объемов ацетона и толуола\*. В раствор можно добавить немного антибиотика.

*Гигроскопичны* и могут расплываться на воздухе:

бишофит	лангбейнит	нитромагnezит
галит	натриевая селитра	сильвин
карналлит	нитробарит	тахигидрит
кизерит	нитрокальцит	

Галит и сильвин гигроскопичны из-за примесей, поглощающих атмосферную влагу (вероятно, солей магния).

К минералам, способным самопроизвольно *обезжизниться*, относятся:

бура	мелантерит	трона
госларит	мирабилит	фиброферрит
кернит	опал	эпсомит
ломонтит	пизанит	

Испаряя влагу, эти минералы мутнеют и рассыпаются.

Защита как гигроскопичных, так и обезжизняющихся минералов заключается в нанесении на сухие образцы консервирующего покрытия из разбавленного лака — цапонового, масляного или поливинилацетатного. Для кристаллов ломонтита лак одновременно будет служить упрочняющей связкой; такую же роль играет пропитывание жидким крахмальным клейстером, повторяемое каждые 2—3 года. Обезжизняющиеся купоросы — сульфаты железа и меди — портятся меньше, если их окунуть в этиловый спирт и высушить в тени. Опалы (за исключением некоторых разновидностей благородного опала) самопроизвольно теряют адсорбированную воду, мутнеют и рассыпаются; свежие образцы необходимо 3—6 месяцев выдерживать в глицерине или вазелиновом масле.

Образцы, подвергнутые профилактической обработке, нельзя мыть водой и водными растворами.

\* Хорошие результаты дает аэрозольный лак для волос «Прелесть».

В заключение еще раз напомним главные заповеди препараторского искусства.

1. Цель препарирования — не украшение образца, а раскрытие той красоты, что уже заключена в нем.

2. Не применяйте сильных средств там, где можно обойтись умеренными.

3. Хорошо препарированный образец не должен выглядеть препарированным!

#### УСТРОЙСТВО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ

Хорошая коллекция, как и всякая ценность, заслуживает бережного хранения. Даже самые интересные и искусно препарированные экспонаты, как попало сложенные в случайную тару, быстро потеряют всю свою привлекательность. Камни пылятся, ломают и царапают друг друга, в конце концов превращаются в каменный бой, отходы, и всякий интерес к ним пропадает. В то же время аккуратное, со вкусом оформленное собрание доставляет огромное удовольствие множеству людей, во всем великолепии демонстрируя богатство минерального царства.

На первых порах проблема хранения пока еще многочисленных экспонатов разрешается довольно просто за счет использования свободного места на книжных полках и других видных местах. Но рано или поздно приходится позаботиться об устройстве специального хранилища, где коллекция могла бы содержаться в порядке, успешно выполняя свои научно-познавательные и эстетические функции. Способ хранения должен обеспечивать хорошую защиту от пыли — частое мытье образцов трудоемко и рискованно. Некоторые экспонаты нужно защитить от света, воздуха и атмосферной влаги. Наконец, необходимо подумать и о том, чтобы хранилище занимало не слишком много места и хорошо вписывалось в интерьер жилого помещения.

Коллекционная мебель. Собрание минералов постепенно растет и, наконец, достигает таких размеров, когда выставить его в полном составе для обозрения становится неразрешимой проблемой. Тогда большую часть коллекции размещают в закрытом шкафу, а наиболее изящные и крупные образцы экспонируют в застеклен-

ных книжных полках, книжном шкафу или специальной витрине.

В *шкафу* образцы хранятся в выдвижных лотках или ящиках. Лотки проще в изготовлении, но для защиты от пыли шкаф должен иметь передние двери. Можно приспособить под коллекцию какой-нибудь готовый шкаф, например узкую и высокую кухонную «колонку», удалив из нее полки и ящики (рис. 64). На боковых стенках с внутренней стороны укрепляются шурупами направляющие для лотков, изготовленные из дюралевого углового или Т-образного профиля или из деревянных реек, а ближе к передней стороне шкафа — деревянные брусочки, удерживающие выдвинутые лотки от опрокидывания (рис. 65). Лотки должны быть размером не более 0,3—0,4 м<sup>2</sup>, иначе они получатся слишком тяжелыми и неудобными, поэтому широкий шкаф приспособляют под два ряда лотков, разделив его на две части вертикальной перегородкой или двумя-тремя прочными стойками.

Из готовых столярных плит или панелей небольшого размера можно сделать шкаф, состоящий из отдельных секций (рис. 66), число которых можно наращивать по мере надобности.

Лотки и ящики должны быть чуть меньше внутренних размеров шкафа. Стенки из дощечек сечением 1×6 см и дно из 3—4-миллиметровой фанеры скрепляются на клею и шурупах. Для увеличения прочности в середине делается невысокая перегородка, скрепляемая со стенками и дном.

Ящики в отличие от лотков имеют более высокие и отделанные снаружи передние стенки. При условии хорошей подгонки друг к другу и минимальных зазоров между передними стенками задвинутых ящиков шкаф можно сделать без двери.

В процессе коллекционирования мелкие образцы постепенно вытесняются более крупными; поэтому ящики следует делать с запасом, рассчитывая на высоту образцов не менее 8—9 см, а внизу сделать два-три ящика высотой до 10—12 см. Лотки можно использовать под более крупные образцы, переставив направляющие.

Если нет высококачественных материалов, то для изготовления коллекционной мебели можно обойтись и обычными сосновыми досками. Наружные детали шкафа из хорошо просушенных досок тщательно строгают, шли-

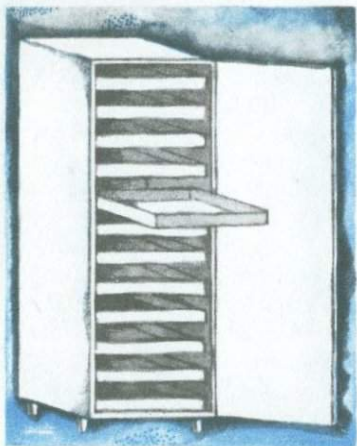


Рис. 64. Коллекционный шкаф с лотками

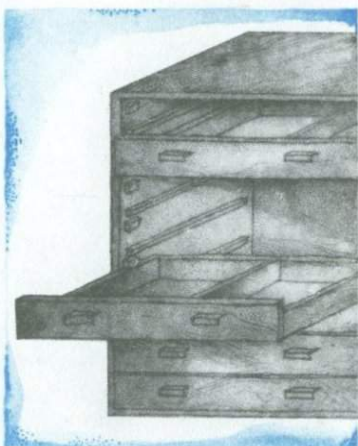


Рис. 65. Устройство шкафа

фуют шкуркой в продольном направлении, осторожно и равномерно обжигают пламенем паяльной лампы, пока не выступит рисунок древесины, и 2 раза покрывают бесцветным мебельным лаком. Получается материал с красивой и достаточно прочной поверхностью.

Нижние края лотков и ящиков нужно натереть воском — это облегчит скольжение по направляющим и уменьшит образование древесной пыли.

*Витрина* для коллекции может быть напольного или навесного типа. Последняя представляет собой несколько стеклянных или деревянных полок, объединенных в общую конструкцию, укрепляемую на стене и закрываемую спереди раздвижными стеклами.

Напольная витрина — эффектный способ экспонирования образцов, отлично дополняющий интерьер квартиры, особенно если есть возможность поместить витрину в середине комнаты для осмотра со всех сторон. По конструкции витрина представляет собой застекленный каркас с деревянными дном и крышкой (рис. 67). Каркас сваривается из стального уголка шириной 20—25 мм, окрашивается черной или серой масляной краской и обшивается снаружи декоративными деревянными планками. Дно и крышка изготавливаются из 10—12-миллимет-



Рис. 66. Шкаф из отдельных секций

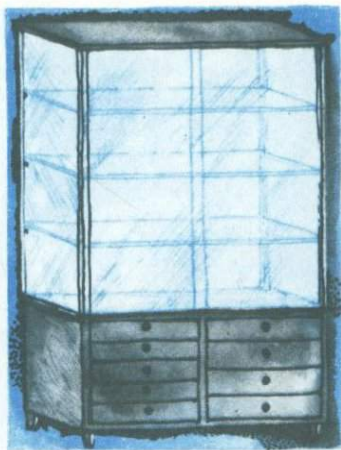
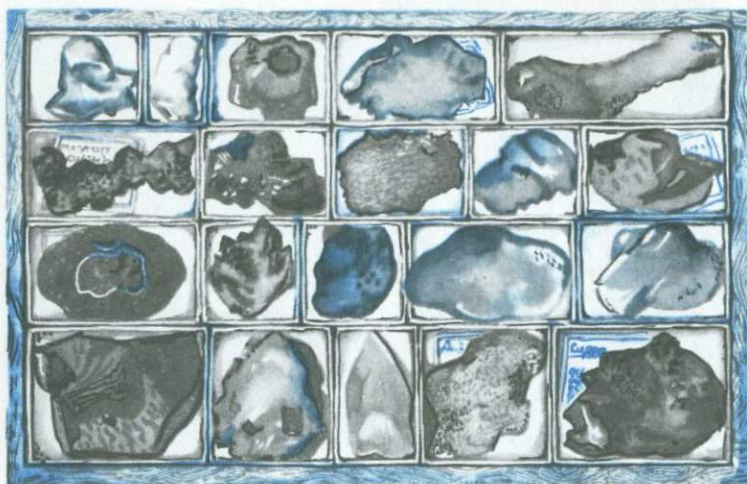


Рис. 67. Витрина

ровой фанеры и крепятся к каркасу винтами. Заднее и боковые стекла толщиной 4—6 мм вставляются снаружи между выступами дна и крышки и закрепляются деревянными планками. Передняя стенка состоит из раздвижных половин, установленных в пазах. С внутренней стороны к каркасу прикрепляются кронштейны, на которые укладываются полки из толстого стекла.

Для удобства осмотра витрина должна иметь глубину не более 30—35 см, верхняя полка — высоту не более 170 см от пола, а дно — не менее 65—70 см, расстояния между полками — около 25 см. При ширине витрины более 75—80 см необходимы промежуточные опоры под стеклянные полки. Пространство под витриной можно использовать для встроенного в общий с нею каркас небольшого коллекционного шкафчика.

Для освещения витрины можно использовать малогабаритные автомобильные электролампы, соединяя их последовательно. При лампах на 12 В и напряжении электросети 127 В в одну цепь нужно включить 11, а при напряжении 220 В — 19 лампочек. Если требуется, составляют две или больше цепочек, исходя из мощности освещения 120—150 Вт на 1 м<sup>2</sup> полок; цепочки соединяют параллельно. Соединения выполняют-



ся медным проводом сечением 0,5—1 мм<sup>2</sup> в поливинилхлоридной изоляции серого или другого нейтрального цвета. Концы проводов припаиваются непосредственно к контактам ламп, все соединения и детали, находящиеся под напряжением, закрашиваются серой эмалью. Цепочка ламп крепится с нижней стороны полок тонкими стальными проволочками, загнутые концы которых зацепляются за края полок, с растяжками из маленьких спиральных пружин. Между растяжками и лампами необходимо вставить изолирующие пластмассовые шайбочки. Проводка приклеивается к стеклу бесцветной липкой лентой. Лампы не должны касаться полок, так как от перегрева стекло может лопнуть.

**Размещение образцов.** В витрине размещают наиболее изящные, выставочные образцы, руководствуясь в первую очередь декоративными соображениями. Желательно располагать рядом экспонаты, контрастирующие по форме и цвету. Не следует загромождать полки чрезмерным числом образцов; расстояния между экспонатами должны быть примерно равны их собственным размерам.

Расставляя образцы, следует включить освещение: впечатление от экспонатов зависит от того, как на них падает свет. При необходимости для образца делают неза-

Рис. 68. Ящик с коллекционными образцами

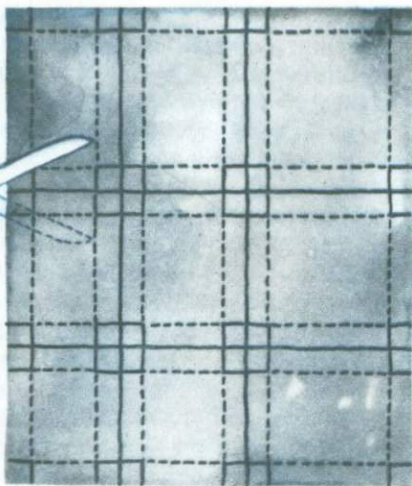
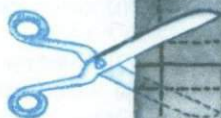


Рис. 69. Разметка картона для изготовления коробок (сплошные линии — разрезы, пунктир — сгибы)

метную подставку из пенопласта, строительного гипса или обыкновенной глины.

В шкафу образцы размещают в соответствии с принятым классификационным принципом. В систематической коллекции в один лоток помещают простые вещества, в другой — окислы, в третий — сульфиды и т. д.; представителей одной группы располагают по соседству друг с другом. Каждый лоток и ящик заполняют целиком — это придает экспозиции законченный вид (рис. 68). По мере новых поступлений образцы перераспределяют, занимая свободные лотки.

Каждый образец помещается в отдельную картонную коробку. Коробки делают нескольких стандартных размеров с бортиками одинаковой высоты 20—25 мм. Картон, оклеенный белой бумагой, размечают с обратной стороны (рис. 69), продавливая по линейке бороздки тупым концом столового ножа; вырезанные заготовки сгибают белой стороной внутрь и оклеивают по периметру полоской плотной бумаги. Под образец подкладывают сложенную бумажную салфетку.

По мере того, как растет собрание минералов, расширяется и круг интересов коллекционера. Возникает потребность перестроить коллекцию, выделить часть материала в «подколлекции» по отдельным более узким темам. Это

могут быть, например, минералы отдельных элементов, типы минеральных индивидов и агрегатов, двойники, псевдоморфозы, кристаллы с включениями, минералогия отдельных месторождений или типов месторождений и т. д. Для каждой такой подборки нужно выделить свое особое место.

Коллекцию, неоднородную по качественному уровню образцов, лучше разделить на две части. В каждой классификационной рубрике отбирают минимум лучших экспонатов, а из остальных комплектуют «вторую» коллекцию. Тем самым сохраняется и лаконичность, и научно-информационная полнота собрания.

В витрине небольшие кристаллы можно разместить по соседству с крупными штуфами — они будут хорошо оттенять друг друга. В лотках и ящиках образцы смотрятся несколько по-другому; здесь нужно избегать разнокалиберности. Крупные и мелкие образцы по возможности хранят отдельно, это позволяет и экономнее использовать место. Для совсем маленьких кристалликов удобен выложенный белым бархатом или поролоном плоский ящичек из-под готовальни, измерительного инструмента.

«Миниколлекции», состоящие из небольших образцов примерно одинаковых размеров, хранят в плоских ящичках, разделенных перегородками на одинаковые ячейки.

В США и других западных странах в связи с ростом цен на крупные коллекционные образцы получил распространение так называемый микромаунтинг — коллекционирование безукоризненно совершенных образцов размером до 1—2 см. Каждый образец монтируется в маленьком футлярчике из прозрачной бесцветной пластмассы, который надежно защищает его от пыли и повреждений и в то же время не мешает рассматриванию. Непременная принадлежность такой коллекции — бинокулярная лупа или микроскоп со средним увеличением. Мелкие кристаллики, как правило, отличаются высоким совершенством и морфологическим разнообразием и вместе с тем гораздо доступнее для коллекционера, чем крупные образцы; наряду с компактностью коллекции, эти преимущества микромаунтинга, надо думать, обеспечат ему приверженцев и среди наших любителей.

Осматривать коллекцию и работать с образцами удобно за столом, хорошо освещенным прямым солнечным

светом или лампой мощностью 60—100 Вт в светонепроницаемом абажуре и без рассеивателя, установленной на высоте 0,5 м. Под рукой всегда должны быть лупы — 4—6- и 10—20-кратные; желателен микроскоп с увеличением в 30—50 раз, лучше бинокулярный.

**Хранение нестойких минералов.** Светочувствительные минералы (см. приложение 2) следует хранить в шкафу; если же образец должен быть выставлен в витрине, то необходимо закрывать его светозащитным чехлом. Минералы с дефектной природой окраски, склонные к быстрому выцветанию (гакманит, цветные фенакиты), хранят завернутыми в черную бумагу. Некоторые кристаллы реальгара, самородной серы, халькопирита, блеклых руд на сильном свете, особенно в сочетании с тепловым облучением, могут растрескиваться и даже разлетаться на осколки. Эти образцы следует хранить в закрытых коробках и не допускать продолжительного действия сильного света.

Гигроскопичные и обезвоживающиеся минералы, не имеющие защитных покрытий, хранят в герметизированных сосудах — банках с полиэтиленовыми колпачками или лабораторных стеклянных бюксах с притертыми и смазанными вазелином крышками. В сосуд с обезвоживающимся минералом добавляют каплю воды.

Особого внимания требуют некоторые сульфиды (марказит и др.). Окисление этих минералов — причина гибели многих музейных образцов и палеонтологических экспонатов — пиритизированных остатков животных и растений. Наиболее стойки крупные монолитные кристаллы с гладкими неповрежденными гранями. Наличие трещин, царапин, межзерновых границ, блочное строение ускоряют окисление. Сотрудники Британского музея в Лондоне пришли к заключению, что главным фактором разрушения сульфидов является повышенная влажность воздуха. Отмечалось, например, что образцы стали разрушаться быстрее после того, как были помещены в новые шкафы из недостаточно просушенной древесины. Как правило, окисление начинается при относительной влажности воздуха более 50%, после чего развивается с нарастающей скоростью: выделяющаяся серная кислота создает благоприятную для разрушения кислую среду и вследствие своей гигроскопичности способствует увлажнению. Защитные покрытия эффективны лишь до тех пор, пока

не имеют повреждений (незаметных царапин, пузырьков и т. д.); после этого появление следов серной кислоты быстро вызывает отслаивание защитной пленки.

Радикальные методы защиты, полностью гарантирующие сохранность сульфидных минералов, пока, к сожалению, неизвестны. Вызывающие опасения образцы лучше хранить в шкафу из выдержанной сухой древесины, желательнее в отдельных герметизированных коробках из сухого дерева с вмонтированным стеклом вместо крышки. Сухая древесина, поглощая излишнюю атмосферную влагу, способствует поддержанию благоприятного микроклимата. В коробку можно насыпать немного свежего силикагеля, также понижающего влажность воздуха. Не следует без надобности брать такие образцы в руки, так как на них остаются способствующие окислению выделения кожи и повреждается защитная пленка. Образцы необходимо периодически осматривать и при первых признаках начавшегося окисления проводить нейтрализацию газообразным аммиаком. Для профилактики рекомендуется в шкафу, где хранятся сульфидные минералы, каждые 3—4 месяца оставлять на сутки открытую баночку с раствором аммиака. Эти меры способны предотвратить или надолго задержать разрушение нестойких образцов.

От запущенных образцов, окисление которых зашло слишком далеко, обычно приходится избавляться. Особо ценные экспонаты хранят в стеклянных сосудах, заполненных вазелиновым маслом.

**Документирование коллекции.** Отсутствие или запущенность описаний — существенный и, к сожалению, распространенный недостаток любительских коллекций. Как предмет природного происхождения, образец нуждается в конкретной «привязке» — столь же неотъемлемой характеристике, как имя автора для произведения искусства. И в самом деле: каждый образец — неповторимый «авторский экземпляр» Природы; серийного производства она не знает. Рано или поздно это осознает всякий коллекционер, но к тому времени, увы, уже трудно восстановить в памяти, какого «роду и племени» каждый образец. Серьезная коллекция имеет объективную, общекультурную ценность. Когда-нибудь экспонаты окажутся в других руках, а некоторым, возможно, уготована почетная судьба стать достоянием музеев.

★	3576.
<b>КЛЕЙОФАН <math>ZnS</math></b>	
друза тетраэдров с красно-желтой зональ- ностью 12x18 см	
Джезказган Казахстан	09.1980

Мин. вид <i>Висмут В</i>	79.
Разн. крупнозерн. выделение с отме- чайками кр-гоб кварца и мусковита, включениями висмутитина, в массивном кварце	
Месторожд. Кара-Оба, Ч. Казахстан	Дата VII.1975

Рис. 70. Примеры коллекционных этикеток

И независимо от того, лежат ли его собственные интересы в области научного изучения минералов, коллекционер со всей ответственностью должен позаботиться о том, чтобы поступающий в коллекцию образец получал свое «удостоверение личности», которое обеспечивало бы ему долгую жизнь, возможность приносить пользу и ограждало бы от незаслуженного забвения. Известно, что в 50—70-е годы прошлого столетия большое число неучтенных образцов Геологического (ныне Минералогического) музея Академии наук было выброшено из-за невозможности установить их происхождение; потребовалось 15 лет упорного труда таких знатоков минералов, как В. И. Вернадский, чтобы привести в порядок описания, вернуть коллекциям научную и культурную ценность, продумать и наладить их документацию. И наконец, коллекция нуждается в учете потому, что представляет ценность для самого владельца; среди серьезных коллекционеров беспорядок в этом деле всегда считался недопустимой небрежностью, дурным тоном.

Все образцы должны быть пронумерованы и занесены в опись (например, в порядке поступления в коллекцию). Сбоку или на обратной стороне образца абразивным брусом или напильником выравнивается небольшая площадка, на которую белой масляной или нитрокраской наносится метка размером примерно 3×8 мм, и после высыхания надписывается черной тушью номер. Номерок можно напечатать на машинке или написать от руки на полоске бумаги, приклеить нитроклеем и им же слегка покрыть сверху — после этого образец можно мыть водой.

Под тем же номером в регистрационной книге или карточке делается исчерпывающе подробная запись:

названия минералов и разновидностей, их химические формулы, где и когда найден образец, его размер, морфологические и другие характеристики, способ диагностики и ссылка на лицо, выполнившее определение, сведения о проведенной обработке (удаление кальцита и т. п.). В записях можно использовать условные значки, указывающие на коллекционную и минералогическую ценность образца, например: ▲ — образец с места первой находки данного минерала, ● — особые морфологические достоинства, ○ — редкий минеральный вид и т. д. Если образец не является собственной находкой, необходимо указать, от кого он получен — на случай, если потребуются дополнительные сведения. Пример записи:

1270. АНАПАИТ  $\text{Ca}_2\text{Fe}[\text{PO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 ▲ Сферокристаллы на окаменелом дереве.  $2,5 \times 7$  см. Мыс Железный Рог, Таманский п-в. Определение визуальное. Май 1975 г.
1271. ВИВИАНИТ  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Радиальнолучистый агрегат на «табачной» руде.  $6,5 \times 9$  см. Южная стенка карьера «С», Камышбурунское месторождение, Керченский п-в. Определение визуальное. Май 1975 г.
1272. ПИРИТ  $\text{FeS}_2$   
 Конкреция с признаками скелетного роста кристаллов и кубооктаэдрическим ограничением головок.  $4 \times 6 \times 4$  см. Вост. часть Мячковского карьера, Московская обл. Из юрских лигнитов вблизи контакта с известняками мячковского горизонта. Определение визуальное. От Ю. П. Михайлова, май 1975 г.
1273. ЛИБЕТЕНИТ  $\text{Cu}_2[\text{PO}_4](\text{OH})$ . ЭЛИТ  $\text{Cu}_5[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Мелкие изометричные кристаллы на сферолитах элита.  $5 \times 7$  см. Из отвалов Высокогорского рудника, Нижний Тагил, Свердловская обл. От Ю. П. Михайлова, июнь 1975 г.  
 Либетенит: рентгенодиагностика (В. И. Соболев). Элит: определение паяльной трубкой (по Cu и P).
1274. БОРНИТ  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ . ХАЛЬКОЗИН  $\text{Cu}_2\text{S}$   
 ● Сrostок крупных кристаллов с преобладанием ромбододекаэдра {110}, эпитаксия мелких кристаллов халькозина.  $9 \times 12$  см. Джекказганское м-е, Центр. Казахстан. Определение визуальное. От В. Г. Старкова, октябрь 1975 г.

При каждом образце должен находиться его «паспорт» — содержательная этикетка, составленная по единой форме: номер образца, названия и химические формулы минералов, основные характеристики, сведения о месте и времени находки. В любительских коллекциях удобны небольшие этикетки, написанные на заранее расчерченных бланках (рис. 70).

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Пилипенко П. П., Калинин П. В.* Определитель минералов при помощи паяльной трубки. М., Госгеолыздат, 1947.

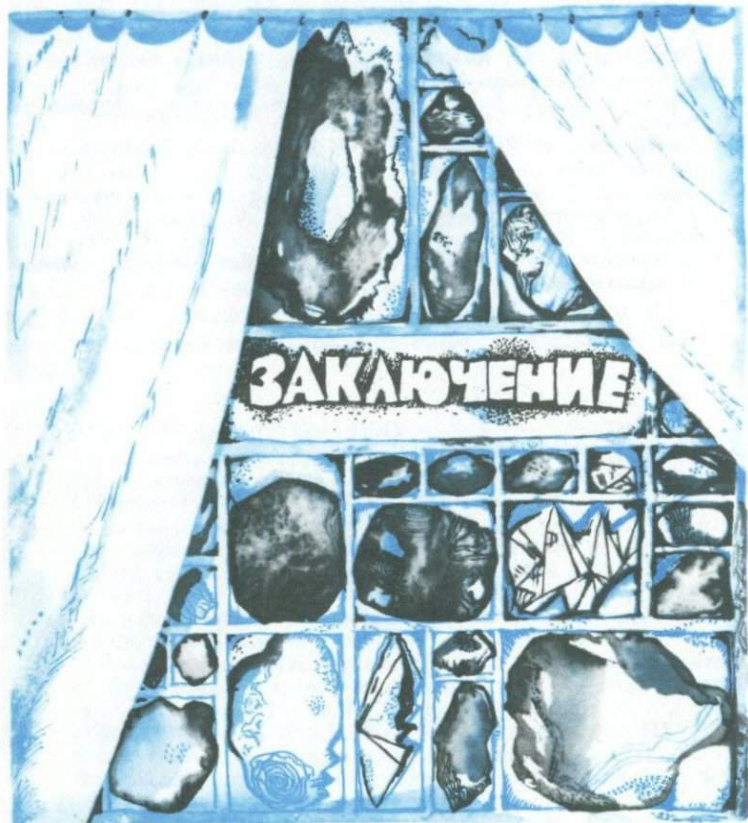
*Смолянинов Н. А.* Практическое руководство по минералогии. М., Недра, 1972.

*Смолянинов Н. А., Синегуб Е. С.* Определитель гипергенных минералов. М., Госгеолыздат, 1950.

*Вертушков Г. Н., Авдонин В. Н.* Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. М., Недра, 1980.

*Юбельт Р.* Определитель минералов. Пер. с нем. М., Мир, 1978.

Диагностические данные минералов содержат также все справочники и курсы описательной минералогии.



Приходилось ли вам размышлять о том, зачем вы собираете минералы? Что привлекает вас в коллекционировании?

...Отправиться на край света, испытать благородный азарт поиска, «выложиться» до конца — найти и добыть то, чего никто еще не находил и не добывал. Торжество достижения цели, уверенность в своих силах, в способности добиться задуманного.

Ни с чем не сравнимая радость от добытого трофея, который всегда можно взять в руки и любоваться сколько угодно.

Вечная и неподражаемая красота камня...

Так, наверно, могли бы ответить все или по крайней мере большинство камнелюбов.

...Остались позади перипетии «поля», тщательно отобранные и любовно ухоженные образцы заняли свои места в коллекции. А дальше их судьба складывается по-разному.

Есть особенно везучие собиратели, обладающие поистине легендарной способностью добывать в поле самое лучшее, далеко опережая в этом других. Обостренная наблюдательность, какое-то непостижимое чутье быстро приводят их к цели. Добытый образец дорог им прежде всего как трофей; настоящее вдохновение приходит к ним только в поле, главное для них — сам процесс охоты за камнем.

Существует и другой тип собирателя. И ему не чужды спортивные страсти — без них, как известно, коллекционер не бывает вообще. Но не меньше радости доставляет ему снова и снова разглядывать свои сокровища, каждый раз открывая в них что-то новое и неизменно находя в этом пищу для ума и воображения.

«...Тем более желал я иметь некоторые образцы, чтобы через непосредственное созерцание достигнуть как бы более глубокого усмотрения этих значительных явлений природы». Проникнитесь мудростью этих неторопливых слов: так выразил суть владевшего им всю жизнь увлечения восьмидесятилетний Гёте — все еще, как и в молодости, страстный коллекционер, неутомимый и азартный собиратель.

Хорошо ли вы знаете свою коллекцию? Что вам известно о минералах, их разнообразных свойствах и применениях, об обстоятельствах их открытия, о личностях открывателей? Что смогли бы вы рассказать о знаменитых месторождениях и выдающихся находках минералов? Что говорят вам бесчисленные нюансы каждого образца?

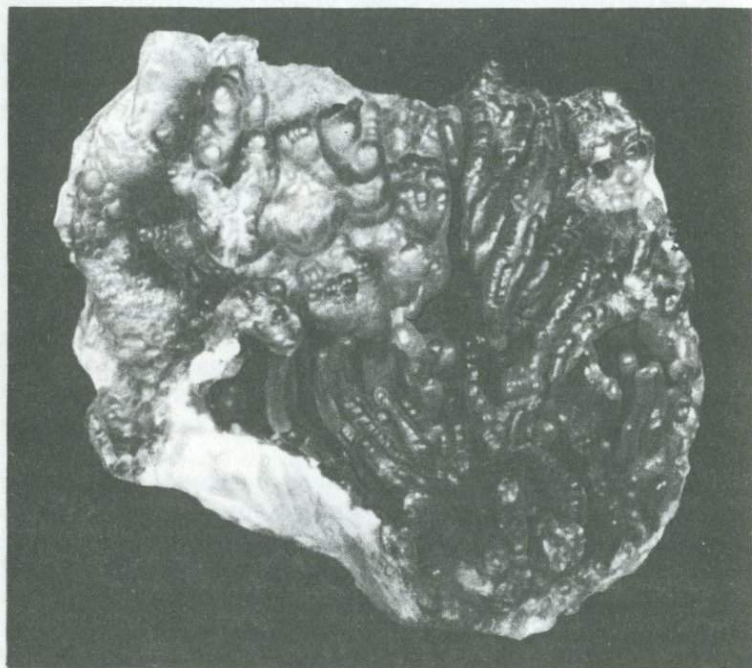
Познание начинается с точного названия. За ним — термином! — достигнутый человечеством уровень знаний, проверенные научные концепции. И если вы сможете правильно назвать не только минеральный вид, но и тип агрегата, соотношения между индивидами и — что очень важно — сможете разобраться, насколько все это типично или необычно, то как коллекционер вы знаете о вашем образце не так уж мало.

Когда-то довелось мне в компании с одним известным знатоком минералов набрести в подмосковном лесу на обнажение с чудесными жеодами халцедона. Редкая и изящная находка — настоящее счастье для коллекционера.

А тут у нас в руках были классические, редкой выразительности «натечные» халцедоны, с великолепными почками, свисающими со стенок жеод халцедоновыми сосульками, которые кое-где были разветвлены и изогнуты причудливыми крючками (рис. 71 и 72).

Но стоило приглядеться внимательнее и немедленно возникали сомнения. Выходит, вопреки законам физики минералообразующий раствор по пути сворачивал в сторону или даже натекал снизу вверх? Что-то здесь было не то. А если полость была целиком заполнена раство-

Рис. 71. Халцедоновая жеода. Высота фрагмента 23 см. Старая Ситня, Московская обл.



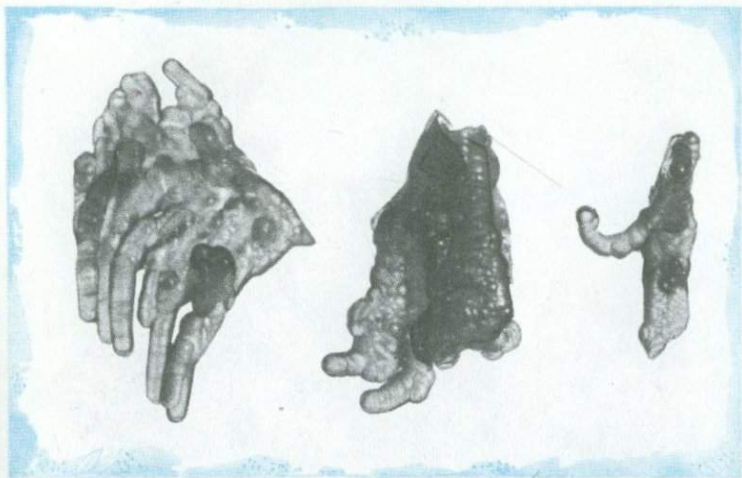


Рис. 72. Халцедон. Старая Ситня, Московская обл.

ром — и это казалось вполне естественным — то о каких натеках вообще может идти речь?

Объяснение же оказалось достаточно неожиданным: кристаллизация на мембранах. Это тонкие пленки, обладающие способностью пропускать молекулы растворителя, задерживая растворенное вещество. Мембрана из студенистого кремнезема образовалась на стенках полости в результате взаимодействия ее содержимого с растворами, проникавшими через поры из породы. С появлением мембран в действие вступают своеобразные механизмы минералообразования, придающие ему отдаленное сходство с процессами в живых организмах, в которых мембраны играют колоссальную роль. Вследствие односторонней диффузии (осмоса) воды в пространстве между стенками и мембраной возникает повышенное давление, кое-где прорывающее пленку. В бреши устремляются струйки жидкости, скопившейся за мембраной; от соприкосновения с содержимым полости они тут же обволакиваются мембранной оболочкой, превращаясь в тонкие трубчатые выросты. Под действием внутреннего давления трубки деформируются и ветвятся. Все это каждый может воспроизвести у себя дома. Возьмите обыкновенный силикатный конторский клей, разбавьте его кипяченой водой и бросьте

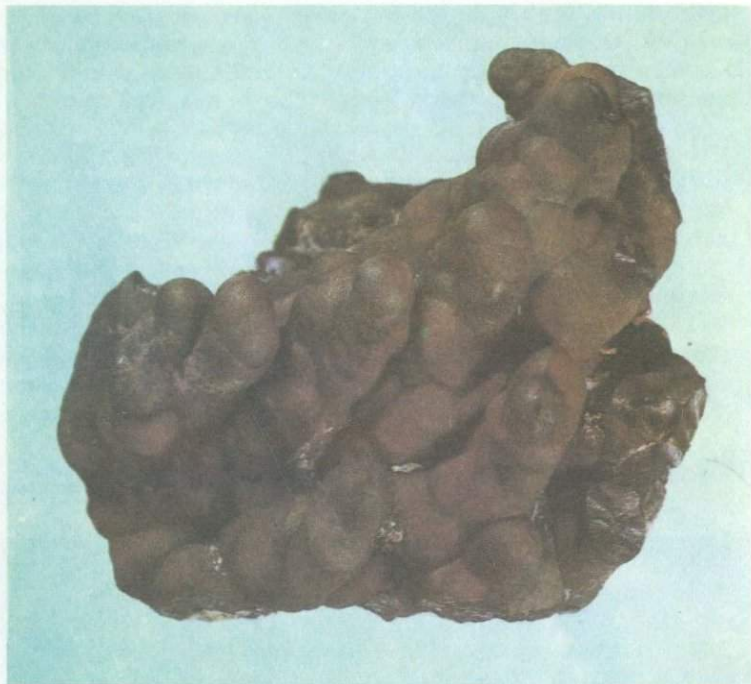


Рис. 73. Гётит. П-в Мангышлак

несколько крупинок медного или железного купороса. Через некоторое время вы увидите, что над кристалликами поднялись тонкие нити — перед вами модель начальной стадии формирования халцедоновой жеоды с «сосульками». Трубочки и выстилавшие стенки полости мембранные пленки послужили тем остовом, на который впоследствии нарастали слой за слоем сферолиты халцедона.

Участие полупроницаемых мембран — типичной принадлежности живой клетки — в процессах образования минералов кажется необычным. Однако установлено оно было давно, хотя и не удостоено упоминания в учебнике минералогии.

На этот раз совесть была чиста: кажется, удалось разобраться в новой находке, не поддавшись искушению отделаться привычным ярлыком. Более внимательный



Рис. 74. Сrostок кристаллов кварца (рисунок А. Н. Савина)

взгляд стал замечать теперь причастность мембран и к образованию «моховых» агатов, некоторых разновидностей гётита (рис. 73), хризоколлы и других минералов, которым также приписывалось «натечное» образование. Появился новый интерес, новая тема коллекционирования...

Коллекция — неиссякаемый источник интереснейших загадок. До всего хочется докопаться, и трудно понять того собирателя, чья коллекция лежит без дела, как экзотическое украшение. Ведь она — сама по себе — даже может дать материал для крупной научной работы! Известный советский минералог и кристаллограф Г. Г. Леммлейн, которого перенесенная в молодые годы болезнь лишила возможности «поля», исключительно на коллекционном материале выполнил свои блестящие исследования по морфологии и онтогении минералов: о «скрученных»

кристаллах кварца, закономерных нарастаниях кварца на халцедон, двухцветных окрасках топазов и многих других загадочных явлениях.

Форм работы с коллекцией множество, и каждый может выбрать себе дело по вкусу. Можно заняться составлением каталогов — склонность ко всякого рода систематизации, можно сказать, у коллекционера в крови. Сначала заготавливают бланк — классификационную сводку известных минералов. Затем в позиции каталога заносят данные имеющихся в коллекции образцов. Каталог дает представление о содержании коллекции, подсказывает, чем желательно ее дополнить, помогает выявить лишнее. Можно составить каталоги по систематике, морфологии, онтогении, месторождениям и регионам и т. д. Каждый из них — важный документ, характеристика коллекции; составление каталогов — отличный способ самообразования. Этой же цели служит и составление информационных сводок по отдельным минеральным видам: сведений об их свойствах, формах природных выделений, процессах образования, особенностях в различных месторождениях, применениях, истории открытия, происхождении названия, лучших образцах и т. д. Неотъемлемой частью такой сводки станут собственные наблюдения.

Очень интересно фотографировать минералы. Есть любители, достигшие в этом большого искусства, и даже коллекционеры фотографий минералогических образцов. Техника фотографирования минералов имеет свои особенности. Достаточно посмотреть на образец, закрыв один глаз, — объемность изображения пропала, и сразу становится ясно, что передать на плоском снимке форму и красоту минерала будет не так легко. Фотоаппарат должен быть снабжен высококачественной оптикой, желательно зеркальной наводкой на резкость. Небольшие образцы фотографируют с помощью переходных колец или насадочных линз, предпочтительно длиннофокусным объективом. Образец с бликующей поверхностью следует слегка «задымить» над горящим магнием или в возгонах хлористого аммония (нашатыря). Матовый налет после съемки легко удаляется водой и щеткой. Пользование рассеянным светом также помогает избежать бликов. Можно, например, окружить образец цилиндром из кальки, а источники света разместить снаружи. Фон должен

быть спокойным, без отвлекающих деталей, а для цветной фотографии — еще и подходящей окраски. Съемка на стекле, приподнятом над полом или столом, позволяет избавиться от падающих теней. Для подсветки темных участков на объектив надевают «воротник» из алюминиевой фольги или белой бумаги. При обработке фотопленки и печати фотографий необходимо добиваться проработки деталей как в «тенях», так и в «светах» изображения.

Хорошую фотографию интересного образца в сопровождении краткого, содержательного и грамотного в минералогическом отношении пояснительного текста можно послать для опубликования в один из минералогических журналов.

В отличие от фотографии, рисунок — более обобщенное изображение, в котором автор располагает значительными возможностями выделить и подчеркнуть какие-либо стороны (рис. 74). Иногда рисунок делается намеренно схематическим, без полутонов и второстепенных деталей.

\* \* \*

Вот и закончен наш рассказ. Наши советы адресованы начинающему коллекционеру. Удачи ему и больших успехов! Было бы радостно знать, что книжка принесла в этом какую-то пользу.

Коллекционирование — это и просто, и трудно. Все зависит от потребностей собирателя, от его кругозора, от понимания сущности собирательства. Если уж повезло и попался красивый камушек, то принести его домой — что может быть проще? Собирательство сопутствует активным формам отдыха, и тот, кто любит путешествовать, порой не прочь захватить на память забавный камень — почему не послужить ему оригинальным украшением квартиры? Знакомый геолог напишет на бумажке название; можно, на худой конец, обойтись и без него. И теснятся на полках, поражая гостей, экзотические модные сувениры; никто толком и не знает, что это и как называется. Переменится мода — исчезнут сувениры-камни, с обидной быстротой займут их место другие. «Причуды и забавы вместо миссии, вместо подвига», — с грустью пишет о таком собирательстве Владимир Солоухин.

Читали ли вы его повесть «Черные доски»? Если нет, прочтите обязательно. В ней удивительно верно переданы переживания человека, который впервые увлекся собирательством. В подзаголовке повесть так и называется: «Записки начинающего коллекционера». «Разнообразнейшие виды собирательства, — пишет Солоухин, — могут нести в себе разной силы и разного характера идейные заряды, а могут и вовсе не нести их. В любом случае собирателю свойственно сосредоточенное, углубленное проникновение в предмет».

Кто же он, собиратель?

Прежде всего, влюбленный в природу и в минералы человек всегда одолевает разнообразнейшими вопросами. Ф. Кассирер, один из старейших минералогов-коллекционеров нашего времени, вспоминал, как мальчиком получил в подарок первый в своей жизни образец — а им был всего лишь спайный обломок галенита: «Я почувствовал живейшее любопытство, и меня переполнили вопросы: Как он возник? Откуда его неправильная, но вместе с тем и правильная форма? Где найти еще такой же? Почему он такой тяжелый? Как найти ему применение?.. Я задавал эти вопросы тогда; и теперь, через семь или восемь десятилетий, я все еще учусь и все еще спрашиваю. Правда, сегодня, когда мне почти девяносто, я уже знаю, что пока еще не на все вопросы можно ответить... Но жажда познания — сокровенное свойство моей натуры». И такую юношескую страсть к познанию пронес этот человек через всю свою долгую жизнь.

Но если камень не будит вашей любознательности, то едва ли есть резон тратить время и силы на коллекционирование минералов. Камень ведь таит в себе и богатейшие изобразительные возможности; множество одаренных людей находит свое творческое призвание в декоративно-прикладном искусстве, со вкусом и изобретательностью используя чудесную гамму природных красок и рисунков минералов и горных пород. Раскрыть эту красоту камня — значит подарить людям радость. Об одном должно помнить всегда: разрушить редкую друзу, употребить как сырье интересный, минералогически ценный образец — кощунство. У природы свои шедевры; их много, но ни один не повторяется дважды. И лучшее в такой ситуации — осознать, что камню место в музее.

Сохранить «драгоценные и важные тела природы» — точнее и лучше не скажешь! — вот в чем миссия и подвиг коллекционеров. И каждому должно найти свое место и определить свою долю участия. Собиратель не только пользуется дарами природы, но и сам обязан позаботиться о ней и несет ответственность перед будущими поколениями. Коллекционирование — дело нешуточное. Тщательность, умение, компетентность во всяком собирательстве совершенно обязательны, и особенно на самом первом этапе — в поле: посмотреть и увидеть нужно побольше, а выбрать точно, со знанием дела. А. Е. Ферсман по этому поводу цитирует знаменитого швейцарского геолога де Соссюра: «Хорошо путешествует только тот, кто много знает и много размышляет». А И. В. Гёте — поэт и натуралист-мыслитель — записал: «Всякое... смотрение переходит в рассматривание, всякое рассматривание — в размышление, всякое размышление — в связывание, и поэтому можно сказать, что при каждом внимательном взгляде, брошенном на мир, мы уже теоретизируем»...

И наконец, собиратель — это счастливейший из людей! Свой досуг, свои помыслы и энергию он посвятил одному из самых интереснейших дел. Разве я не прав, читатель? Не сомневаюсь, что вы немедленно согласитесь со мной. Говоря словами В. Солоухина, «я — собиратель, и этим должно быть сказано все. Дай вам бог хоть ненадолго, хоть на годик сделаться собирателем».

Видный искусствовед, чл.-корр. АН СССР А. А. Сидоров выразил суть собирательства словами, которыми хочется закончить:

«Собирательство может быть спортом. Для него нужны умение и удача.

Собирательство может быть страстью. Для осуществления ее нужны настойчивость и счастье.

Собирательство может быть искусством. Для того чтобы такой стала деятельность коллекционера, нужны все указанные выше качества: и умение находить, и удачливость, и настойчивость поиска, и любовь к предмету, и — совершенно неоспоримо — знание его.

Собирательство может быть наукой. Первое требование здесь — иметь цель».

## РАСТВОРИМОСТЬ МИНЕРАЛОВ В КИСЛОТАХ

В таблице приведены данные о действии соляной (концентрированной и разбавленной 1:10) и плавиковой (концентрированной) кислот на кристаллы минералов при комнатной температуре. Азотная кислота растворяет большинство минералов, растворяющихся в соляной кислоте, а также сульфиды кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, серебра, вольфрама. Кислоты и их растворы действуют также на водорастворимые минералы. Инертность минералов в порошковатых и мелкокристаллических выделениях требует всякий раз дополнительной проверки.

Условные обозначения: ++ минерал травится энергично; + минерал травится медленно; — за 5—10 мин следы травления на минерале не появляются.

Минерал	Соляная кислота		Плавиковая кислота, 3 мин	Минерал	Соляная кислота		Плавиковая кислота, 3 мин
	концентрированная	разбавленная			концентрированная	разбавленная	
Азурит	++	++	++	Бисмутит	+	+	
Аксинит	—	—	—	Блеклые руды			
Актинолит	—	—	—	(тетраэдрит-теннантит)	—	—	—
Амблигонит	+	—	+	Борнит	—	—	—
Алунит	—	—	—	Брошантит	+	+	+
Анальцим	+	+	+	Брукит	—	—	—
Анатаз	—	—	—	Брусит	+	—	+
Ангидрит	+	—	—	Ванадинит	++	+	+
Андалузит	—	—	—	Везувиан	—	—	—
Анкерит	+	—	+	Вивианит	++	+	+
Антимонит	+	+	—	Виллемит	++	+	+
Апатит	++	+	+	Виллиомит	++	+	+
Апофиллит	+	+	+	Витерит	++	+	+
Арагонит	++	++	+	Вишневит	++	+	++
Арсенопирит	—	—	—	Воластонит	+	—	—
Астрофиллит	—	—	—	Вольфрамит	—	—	—
Аурипигмент	+	—	—	Вульфенит	++	+	
Аурихальцит	++	++	++	Галенит	++	++	
Барит	+	—	—	Галит	++	++	++
Берилл	—	—	—	Ганит	—	—	—
Бертрандит	—	—	—	Гейландит	+	—	++
Биотит	—	—	—	Геденберgit	—	—	—
Бирюза	+	+	+				

Минерал	Соляная кислота		Плави- ковая кислота, 3 мин	Минерал	Соляная кислота		Плави- ковая кислота, 3 мин
	кон- цен- триро- ванная	раз- бав- ленная			кон- цен- триро- ванная	раз- бав- ленная	
Гематит	+	-	-	Лёллингит	-	-	-
Гемиморфит	+	+	+	Лепидокрокит	+	-	+
Гётит	++	+	+	Лепидолит	-	-	-
Гидроборацит	+	+	+	Ломонтит	++	+	+
Гипс	+	-	+	Людвигит	+	-	+
Гранаты	-	-	-	Магнезит	+	-	-
				Магнетит	+	-	-
Графит	-	-	-	Малахит	++	+	+
				Манганит	+	-	+
Данбурит	-	-	-	Маргарит	-	-	-
Датолит	+	-	-	Марказит	-	-	-
Джемсонит	+	-	-	Медь	-	-	-
Диаспор	-	-	-	Мелантерит	++	++	++
Диоптаз	+	+	+	Молибденит	-	-	-
Диопсид	-	-	-	Мусковит	-	-	-
Доломит	+	-	+	Мышьяк	-	-	-
Жадеит	-	-	-	Натролит	+	-	+
Ильваит	++	-	-	Нефелин	++	++	+
Ильменит	+	-	-	Никелин	-	-	-
Иниоит	++	++	++	Оливин	-	-	-
Кальцит	++	++	++	Опал	-	-	+
Канкринит	++	+	+	Пальгорскит	+	-	-
Карналлит	++	++	++	Перовскит	-	-	-
Касситерит	-	-	-	Пирит	-	-	-
Кварц	-	-	+	Пирролизит	++	+	-
Кианит	-	-	-	Пироморфит	++	+	+
Киноварь	-	-	-	Пирофиллит	-	-	-
Клинохлор	-	-	-	Пирротин	-	-	-
Кобальтин	-	-	-	Полевые шпаты	-	-	+
Ковелин	-	-	-	Пренит	+	+	+
Козалит	-	-	-	Реальгар	-	-	-
Кордиерит	-	-	-	Родонит	-	-	-
Корунд	-	-	-	Родохрозит	+	-	+
Крокоит	++	+	+	Романешит			
Куприт	++	+		(псиломелан)	+	+	+
Лазулит	+	-	+	Рутил	-	-	-
Лазурит	+	-	+	Сера	-	-	-
Лампрофиллит	-	-	-	Сервантит	-	-	-

Минерал	Соляная кислота		Плавиковая кислота, 3 мин.	Минерал	Соляная кислота		Плавиковая кислота, 3 мин.
	концентрированная	разбавленная			концентрированная	разбавленная	
Серебро	-	-	-	Флогопит	-	-	-
Серпентин	-	-	-	Флюорит	+	+	-
Сидерит	+	-	+	Фосфориты	++	+	+
Сильвин	++	++	++	Халцедон	-	-	+
Силлиманит	-	-	-	Халькантит	++	++	++
Скаполит	+	-	+	Халькозин	+	-	-
Сколецит	+	-	+	Халькопирит	-	-	-
Скородит	+	-	-	Хлоритоид	-	-	-
Смитсонит	++	+	+	Хлориты	-	-	-
Содалит	++	+	+	Хризоберилл	-	-	-
Сподумен	-	-	-	Хризоколла	++	+	++
Ставролит	-	-	-	Хромит	-	-	-
Стильбит (десмин)	+	-	++	Целестин	+	-	-
Стронцианит	++	+	+	Церуссит	+	-	+
Сфалерит	+	-	-	Цианотрихит	++	+	++
Тальк	-	-	-	Циркон	-	-	-
Танталит	-	-	-	Цоизит	+	-	-
Тенардит	++	++	++	Шабазит	++	+	++
Титанит (сфен)	-	-	-	Шеелит	+	-	-
Томсонит	++	-	++	Шмальтин	-	-	-
Топаз	-	-	-	Шпинель	-	-	-
Тремолит	-	-	-	Эвдиалит	-	-	+
Турмалин	-	-	-	Эгирин	-	-	-
Улексит	++	+	++	Элит	+	+	+
Фенакит	-	-	-	Энстатит	-	-	-
Филлипсит	++	-	++	Эпидот	-	-	-
				Ярозит	++	+	+

## МИНЕРАЛЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТА

Разлагаются:

бромаргирит	хлораргирит
иодаргирит	майерсит

Разрушаются на ярком свете и при тепловом облучении отдельные разновидности следующих минералов:

реальгар	теннантит	халькопирит
сера	тетраэдрит	

Медленно разрушаются или тускнеют:

акантит	кроконт	сарторит
аргентит	куприт	симплезит
аурипигмент	миаргирит	смитит
берцелианит	пираргирит	стефанит
бетехтинит	полибазит	халькозин
киноварь		

Выцветают или изменяют окраску:

ангидрит (голубой)	смитсонит (желтый)
апатит (розовый)	сподумен (кунцит)
аметист (некоторые разновидности)	топаз (бурый, голубой, розовый, малиновый)
гакманит (выцветает быстро)	фенакит (буроватый)
кальцит (желтый, розовый)	флюорит (пунцовый, зеленый)
розовый кварц	целестин (голубой)
содалит (синий)	

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
ВМЕСТО ВСТУПЛЕНИЯ: КОЛЛЕКЦИОНЕРЫ И КОЛЛЕКЦИИ . . . . .	5
МИНЕРАЛЫ В ПРИРОДЕ И В КОЛЛЕКЦИИ . . . . .	14
Наука о минералах . . . . .	15
Минералы и минералогия . . . . .	15
Классификация минералов . . . . .	20
Формы выделения минералов . . . . .	24
Кристаллы . . . . .	25
Реальные кристаллы минералов . . . . .	34
Закономерные сростания индивидов . . . . .	40
Дендритные и скелетные формы . . . . .	42
Сферокристаллы и сферолиты . . . . .	42
Псевдоморфозы . . . . .	46
Агрегаты минералов . . . . .	51
Как и почему образуются минералы . . . . .	52
Минералы в коллекции . . . . .	61
Список рекомендуемой литературы . . . . .	68
КАК ИЩУТ И СОБИРАЮТ МИНЕРАЛЫ . . . . .	70
Подготовка к работе в поле . . . . .	71
Что нужно сделать дома? . . . . .	71
Инструмент и снаряжение . . . . .	72
Практика полевой работы . . . . .	77
Где искать образцы минералов? . . . . .	79
Элементы техники . . . . .	81
Отработка минерализованных полостей . . . . .	84
Разборка отвалов . . . . .	86
Разборка осыпей и рыхлых отложений . . . . .	88
Разделка глыб . . . . .	88
Сбор порошковатых минералов и выцветов . . . . .	89
Чистка и сортировка собранного материала . . . . .	89
Упаковка и транспортировка . . . . .	90
Полевой дневник . . . . .	91
Правила безопасности . . . . .	95
Список рекомендуемой литературы . . . . .	97
КАК СОСТАВЛЯЮТ КОЛЛЕКЦИЮ . . . . .	98
Определение минералов . . . . .	99
Внешние признаки минералов . . . . .	101
Применение паяльной трубки . . . . .	115
Тактика диагностики . . . . .	124

Препарирование коллекционных образцов . . . . .	128
Принадлежности для препарирования . . . . .	129
Последовательность операций . . . . .	131
Чистка образцов . . . . .	132
Оценка образцов . . . . .	134
Техника механического препарирования . . . . .	135
Химические способы препарирования . . . . .	137
Меры предосторожности при препарировании . . . . .	142
Ремонт образцов . . . . .	142
Защита образцов от разрушения . . . . .	144
Устройство минералогической коллекции . . . . .	146
Коллекционная мебель . . . . .	146
Размещение образцов . . . . .	150
Хранение нестойких минералов . . . . .	153
Документирование коллекции . . . . .	154
Список рекомендуемой литературы . . . . .	157
Заключение . . . . .	158
<i>Приложение 1. Растворимость минералов в кислотах . . . . .</i>	<i>168</i>
<i>Приложение 2. Минералы, изменяющиеся под действием света . . . . .</i>	<i>171</i>

БОРИС ЗИНОВЬЕВИЧ КАНТОР

## КОЛЛЕКЦИОНИРОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Редактор издательства Л. М. СТАРИКОВА

Оформление художника Ю. А. НОЗДРИНА

Художественные редакторы Е. Л. ЮРКОВСКАЯ,

В. В. ЕВДОКИМОВ

Технический редактор А. Г. ИВАНОВА

Корректор Е. В. МУХИНА

ИБ № 4560

Сдано в набор 19.10.81. Подписано в печать 21.04.82. Т. 09710.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «Литературная».  
Печать офсетная. Усл.-печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 9,5. Усл. кр.-отт. 30,66.  
Тираж 50 000 экз. Заказ 642/8557—14. Цена 55 коп.  
Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва,  
К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
г. Калинин, пр. Ленина, 5

Уважаемый товарищ!

Издательство «Недра»  
готовит к печати  
новые книги

Бурмин Ю. А., Зверев В. Л.

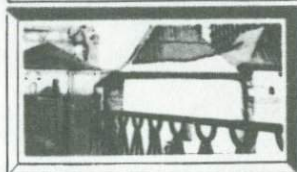
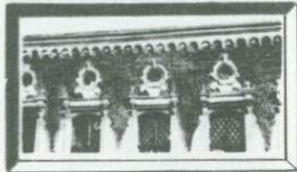
**ПОДЗЕМНЫЕ КЛАДОВЫЕ  
ПОДМОСКОВЬЯ.**

10 л. 85 к.

ПОДЗЕМНЫЕ КЛАДОВЫЕ ПОДМОСКОВЬЯ

Ю. А. Бурмин, В. Л. Зверев

**ПОДЗЕМНЫЕ  
КЛАДОВЫЕ  
ПОДМОСКОВЬЯ**



В популярной форме рассказано о зарождении геологических промыслов на Руси, о поисках и добыче металлов, строительного камня и самоцветов в древности и в наши дни. Читатель познакомится с геологическим прошлым и настоящим Подмоскovie, узнает о подземных морях, ископаемом топливе, минеральных красках и белом камне, который в древности использовался для строительства. Приведены рекомендации для поисков полезных ископаемых, обнаружение которых доступно для школьников и студентов, совершающих походы по родному краю.

Для широкого круга читателей.

Немец Ф.

## КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИНЕРАЛОВ И ПОРОД

Пер. с чешск. 12 л., 65 к.

Ф.Немец

Ф.Немец  
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИНЕРАЛОВ И ПОРОД



## КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИНЕРАЛОВ И ПОРОД

Представляет собой общедоступный определитель минералов и горных пород. Описаны 90 наиболее распространенных и важных в промышленном отношении минералов и 80 горных пород. Изложены способы их простого и однозначного определения. Для каждого из природных образований приведены его свойства, происхождение, распространение, практическое значение, отличительные признаки.

Для читателей, интересующихся минералами и горными породами. Может быть полезна специалистам-геологам для работы в полевых условиях.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга—почтой» магазинов:

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

Издательство «Недра»

55 коп.

3776

"ТОЛК  
"СОБИ  
МИН  
ТОЛЫ  
ТОТ, КТО  
ХОРОШО  
ЗНАЕТ  
МИНЕРАЛОГИЮ  
И ВДУМЧИВО  
ОТНОСИТСЯ  
К ПРИРОДЕ "

*А.С.Ферсман*



НЕДРА