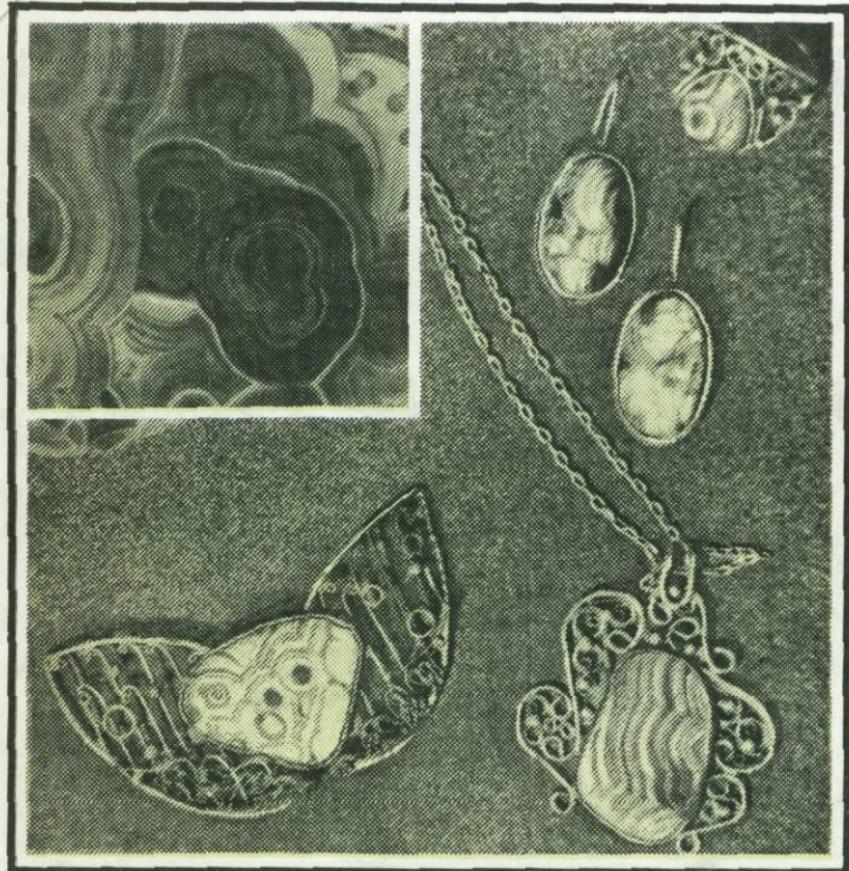


В.П.ПЕТРОВ

РАССКАЗЫ  
О ДРАГОЦЕННЫХ  
КАМНЯХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО · НАУКА ·

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
Серия «Человек и окружающая среда»

В. П. ПЕТРОВ

РАССКАЗЫ  
О ДРАГОЦЕННЫХ  
КАМНЯХ

Ответственный редактор  
кандидат геолого-минералогических наук  
М. А. ЛИЦАРЕВ

44/5



ББК 26.325.2

П 30

УДК 5538

Рецензенты:

доктор геолого-минерал. наук

И. Н. ТОМСОН

кандидат геолого-минерал. наук

Г. Н. БЕЗРУКОВ

Петров В. П.

Рассказы о драгоценных камнях.— М.: Наука, 1985.— 175 с., ил.— (Серия «Человек и окружающая среда»).

Автор рассказывает в популярной форме об условиях образования, истории открытия и освоения месторождений важнейших драгоценных и полудрагоценных камней. Рассказывается о месторождениях алмаза — так называемых кимберлитовых трубках — «окнах» в глубины Земли, где господствуют давления более 30 тыс. атмосфер, о зеленых, окрашенных хромом изумрудах, о пегматитовых жилах с топазом и бериллом — аквамарином, а также о лазурите, малахите и бирюзе. Завершаются рассказы кратким обзором экономического значения камня и некоторых сведений по синтезу драгоценных и полудрагоценных камней.

П 1904020000-425  
054(02)-85 58-85 ИП

ББК 26.325.2

## ОТ АВТОРА

В этой книге я хочу рассказать о драгоценных камнях — красивейшем, редком и совершеннейшем произведении природы. Такая простая формулировка, в сущности, дает достаточно полную характеристику этих природных образований.

Внимание к драгоценному (или иначе — ювелирному) камню сначала привлекла именно его красота — яркая, очень четкая окраска или сочетающаяся с красивым цветом идеальная прозрачность, такая, как у «чистой воды». Очень украшает камень его «игра» — камень при поворотах испускает пучок ярких лучей. Важна и редкость таких камней. Именно редкость камня порождает его высокую стоимость. В течение тысячелетий драгоценный камень был мерилом богатства и могущества. Очень много драгоценных камней находят при археологических раскопках в могилах фараонов, скифских вождей и властителей Древнего Востока. Взгляните на царские одежды в Оружейной палате, они буквально отягощены драгоценными камнями. Конечно, такое, выставленное напоказ, богатство производило большое впечатление на современников. Именно о богатстве китайских и индийских владык писали Марко Поло и другие путешественники прошлого. Богатые украшения с камнями Ивана Грозного с удивлением описывал англичанин Горсей, приезжавший в Москву к царю и оставивший описание этой встречи.

Огромная ценность отдельных драгоценных камней была причиной алчности и многочисленных преступлений. В истории почти каждого крупного камня числятся убийства, обманы, кражи, захваты в качестве военных трофеев и многие другие события. Но и в новое время иногда возникали войны для захвата месторождений драгоценного камня. Достаточно вспомнить англо-бурскую войну 1899—1902 гг. в Южной Африке, которая велась Англией в том числе и с целью захвата открытых незадолго до этого крупнейших алмазных месторождений.

Редкость и совершенство кристаллов драгоценного камня являются геологическими проблемами. Ряд миц-

ралов, такие, как, например, топаз и турмалин, отнюдь нельзя назвать редкими, они встречаются в некоторых местах в очень больших количествах, так как входят в состав горных пород, слагающих крупные массы, и в природе эти минералы никак не могут называться драгоценными камнями. Рядовой топаз одно время даже использовался как сырье для изготовления огнеупорных кирпичей. Меня как геолога и минералога привлекает к драгоценному камню не его непосредственная стоимость, а стремление попытать причины возникновения тех редких, часто совершенно исключительных условий, в которых он мог образоваться. Ведь драгоценный камень должен быть совершенным кристаллом, росту которого ничто не мешало, — в нем, как правило, не должно быть загрязнений и каких-либо включений, портящих его вид и совершенство. Или наоборот, в нем именно должны быть «загрязнения», придающие бесцветному кристаллу яркую окраску или игру. Такова, например, ярко-зелёная окраска изумруда. В других случаях это может быть равномерное распределение по кристаллу мельчайших игольчатых включений, придающих камню своеобразную игру, как это бывает у различных «кошачьих», «тигровых глаз» или у звездчатых рубина и сапфира.

Эта книга написана главным образом о тех проблемах, которые возникают перед исследователем, изучающим драгоценный камень, и еще о тех людях, которые увлечены камнем и не мыслят своей жизни без поисков редкого и красивого камня, а также о большой исследовательской работе по расшифровке тех загадок, которые ставит перед нами камень.

В отличие от других полезных ископаемых драгоценный камень труднее найти, чем добыть. Но добыть его надо так, чтобы не разрушить и не потерять, а полностью сохранить его красоту и размеры, что далеко не просто.

Стремление дать характеристику важнейших драгоценных камней как ювелирного материала высокой ценности, увязать эти характеристики с условиями образования данного камня и показать те геолого-минералогические условия, в которых тот или иной камень может быть найден, было главным желанием автора и главной трудностью при написании этих рассказов.

## АЛМАЗ

Чистый углерод; кристаллизуется в кристаллах кубической системы. Самый твердый из известных минералов. Обладает очень высокой плотностью [3,5 г/см<sup>3</sup>; у графита (тоже чистый углерод) 2,1—2,2 г/см<sup>3</sup>], очень высоким показателем преломления и очень сильной дисперсией (светорассеянием). Используется как драгоценный камень. Бриллиант — алмаз, отшлифованный таким образом, что свет, попадая в него, многократно отражается от граней бриллианта, разлагается и выходит окрашенным в разные цвета (игра камня). Зернистые, темноокрашенные алмазы называются борт и карбонадо.

Присутствие углекислоты в продуктах сжигания алмаза Лавазье доказал еще в 1772 г., но состав из чистого углерода был доказан много позднее. Только в последние годы синтезом алмаза было показано, что он представляет собой форму углерода, обра- зующуюся при высоких давлениях.

Из современного учебника минералогии

В числе прозвищ алмаза есть и имя «орлиный камень», и оно ему дано, как говорят, потому, что искатели алмазов покрывают гнездо с птенцом орла стеклом, а орел, видя его и не будучи в состоянии проникнуть в гнездо, улетает, приносит алмаз и кладет его на стекло. Когда алмазов собирается много, искатели забирают их и убирают стекло для того, чтобы орел подумал, что он добился успеха тем, что сделал; через некоторое время они опять кладут стекло на гнездо и орел снова приносит алмазы.

Эту же версию передает и Ал-Кинди, причем показывает вместе орла ласточку... но какая бы это птица ни были, рассказ в целом — глупость, вздор и выдумка.

Бируни А. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия). М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 87

Сам собою [алмаз] в наисильнейшем огне не растопляется; но сперва мутится и темнеет, а потом получает светящуюся белизну; на последок испускает острый пар и показывает пузырьки. Сие продолжается до тех пор, пока он наконец совсем выпарится и исчезнет. Алмаз улетает таким образом в плотнейших со всех сторон замазанных глиняных сосудах.

Таковые опыты над алмазом производили Франц I, император Римский, и брат его Карл, эрцгерцог Лотарингский, в 1750 году... некоторое напаче французские химики уподобляют вышеупомянутое свойство алмаза возгоранию и потому причисляется он к горючим телам. Другие же исходящий из него пар уподобляют паче парам плавиковой кислоты.

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, кн. II, с. 42

Я не люблю алмаз. Нет, пожалуй, «не люблю» несколько не то понятие, которым я хотел бы выразить свое отношение к этому минералу. Может быть, лучше сказать «боюсь», но и это не то. Геологи-алмазники создали хотя и не очень многочисленную, но довольно четко очерченную «касту». Если кто-либо из геологов занялся алмазами, то он обычно считает, что «весь свет сходится» на проблеме алмаза и изучать стоит только алмазные месторождения, а изучение каких-либо других объектов — задачи «ниже достоинства уважающего себя алмазника». Поэтому попасть в среду «настоящих алмазников» или даже обсудить с ними какую-либо проблему крайне трудно.

Кроме того, из-за огромной стоимости даже мелких кристаллов алмаза и потрясающе малого содержания полезного компонента в руде очень трудно получить образец для детального изучения, а некоторые, причем иногда самые интересные с научной точки зрения кусочки короды с кристаллами алмаза, даже взять в руки страшно, настолько эти образцы дороги и редки.

Тем не менее обойти алмаз нельзя. Нельзя потому, что это самый ценный и самый популярный драгоценный камень. Стоимость алмазов, добываемых в мире ежегодно, во много раз выше стоимости всех других драгоценных камней, добываемых за этот же срок. Следует также отметить ту весьма важную роль, которую этот минерал играет в наших представлениях о земных глубинах; его свойства и месторождения совершенно необычны.

Прежде всего о природе самого минерала. В приведенной выше цитате из учебника минералогии академика Василия Севергина видно, как тяжело воспринималось представление о том, что алмаз и графит состоят из того же самого углерода, что и обычный уголь. Лавуазье еще за 20 лет до написания учебника Севергиным показал, что алмаз состоит из углерода, и несмотря на это, Севергин только сослался на взгляды французских химиков.

В начале XX в. удалось узнать главную причину различия свойств графита и алмаза; она заключается в структуре обоих минералов: в графите атомы углерода располагаются в виде листов, а в пределах листа расположены по шестиугольнику, а в алмазе они образуют плотнейшую упаковку (рис. 1). Иначе говоря, в алмазе атомы располагаются теснее, чем у графита, отсюда и высокая плотность алмаза и его высокое светопреломление, что делает его исключительно эффектным в юве-

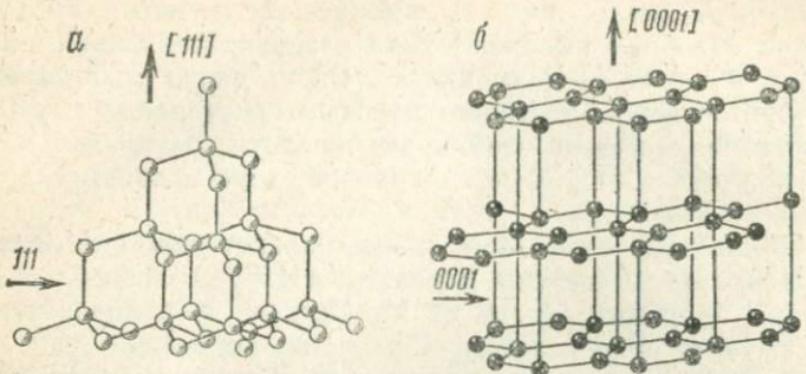


Рис. 1. Структура алмаза (а) и графита (б)

лирных изделиях. Графит и алмаз, как сейчас говорят, являются полиморфными модификациями одного и того же вещества.

Очень долго было не ясно, почему в одном случае образуется алмаз, а в другом — графит. Даже когда А. И. Лейпунский в 30-х годах рассчитал термодинамические условия образования алмаза, этому не очень-то верили. Вообще в то время еще не учитывали минералообразующее значение давления. Например, когда выяснилось, что общая плотность Земли около  $5,5 \text{ г}/\text{см}^3$ , была составлена модель Земли, где ядро состояло из тяжелых металлов. Когда наш крупный петрограф В. Н. Лодочников в 1936 г. высказал предположение о том, что в глубинах Земли могут существовать неизвестные плотные модификации обычных для поверхности минералов, то его гипотеза была сначала принята как маловероятная. Однако прогресс техники убедил всех в справедливости такого взгляда.

Пожалуй, наиболее отчетливо это показали опыты с кварцем. Обычный кварц представляет собой чистую окись кремния, имеет плотность около  $2,6 \text{ г}/\text{см}^3$  и относительно низкий показатель преломления. В 50-х годах американец Л. Коэс в лаборатории при давлении около 30 тыс. атм закристаллизовал кварц в новую форму высокоплотной кремнекислоты. Плотность этой формы была больше  $3 \text{ г}/\text{см}^3$ , да и светопреломление выше, чем у обычного кварца. Надо сказать, что особого впечатления это открытие на научную общественность не произвело. Однако другой американец, китайского происхождения, Е. Чao, изучавший Аризонский метеоритный кратер, образовавшийся в результате удара большого метеорита о

Землю, предположил, что именно здесь могла образоваться подобная высокоплотная разновидность кремнекислоты, и начал ее разыскивать. Очень скоро удалось обнаружить среди образцов породы, претерпевших удар, кристаллики именно этой кремнекислоты, которую ЧАО в честь ученого, впервые получившего ее в лаборатории, назвал коэситом.

Следующий этап этой работы происходил в Москве. В Лабораторию высоких давлений АН СССР пришел дипломант из университета С. М. Стишов, и руководитель лаборатории поручил ему в качестве дипломной работы попытаться изучить поведение кремниевой кислоты при еще больших давлениях. В этой работе ему помогала С. В. Попова. Уже первые опыты на прессе, создававшем давление более 100 тыс. атм, были очень удачны: в массе подвергнутого давлению кварца были обнаружены незнакомые кристаллы, изучение которых показало, что это тоже кремнекислота, но с совершенно необычными свойствами. Плотность кристаллов оказалась около  $4 \text{ г}/\text{см}^3$ , а светопреломление исключительно высоким. Отчет об этой работе, занявшей всего одну страничку, был напечатан в советском научном журнале и попал в руки того же ЧАО. ЧАО вновь начал изучать свои аризонские образцы и вскоре обнаружил под микроскопом такие же кристаллики, какие были получены Стишовым и Поповой. ЧАО, верный своему правилу, назвал этот новый минерал очень высокоплотной кремнекислоты стишовитом в честь автора опубликованной статьи.

Работа Стишова и Поповой и открытие ЧАО произвели в научном мире впечатление «разорвавшейся бомбы». Впервые в лаборатории с помощью высокого давления был получен необычный продукт, причем из привычного кварца. Оказалось, что влияние давления на минералообразование огромно и что прогноз В. Н. Лодочникова о существовании в глубинах Земли высокоплотных модификаций обычных на земной поверхности веществ спроведлив. Во всем мире начались интенсивные работы по изучению поведения вещества при высоких давлениях, приведшие к важным результатам. Сейчас на глубинные недра Земли смотрят совсем иначе, чем до работы Стишова и Поповой.

Читатель может спросить, какое же отношение все это имеет к алмазу? А самое непосредственное. Сейчас уже хорошо известно, что алмаз представляет собой модификацию углерода высокого давления, совершенно так

же, как коэсит и стишовит являются модификациями кремнезема высокого и сверхвысокого давления. Алмаз сейчас получают при давлениях 40–60 тыс. атм. Иначе говоря, алмаз на дневной поверхности является гостем с больших глубин; он образовался там, где господствуют огромные давления. Все-таки смыкнуться с таким глубинным происхождением алмаза исследователям было очень трудно, да и понять строение месторождений алмаза, учитывая, что материал приходит с глубин 100–200 км, было также весьма сложно, и в литературе постоянно появляются гипотезы «образования алмаза при низких давлениях». Некоторые из этих теорий были весьма правдоподобны, однако ни одну из них пока доказать не удалось.

Недавно по гипотезам близповерхностного образования алмаза был нанесен еще один сокрушительный удар. Среди африканских алмазоносных пород, а несколько позднее и у нас в Якутии найдены были обломки породы, явно захваченные алмазоносной породой при движении ее из глубин к поверхности. В этих обломках вмещающих пород среди других минералов — граната и пироксена — встречены были кристаллы коэсита, по краям перешедшие в кварц. Размеры этих коэситовых кристаллов достигали 3 мм. Ни в одной лаборатории не удавалось получить таких крупных кристаллов этого вещества. Ранее кристаллики коэсита находили только в качестве микроскопических включений в алмазе и поэтому рассматривали как случайность. Найденный в Африке кусок весил около 5 кг, и почти такой же образец был встречен и у нас в Якутии — это уже не может быть случайностью.

Находки включений коэситовых пород в алмазоносных трубках доказывают, что алмаз образовался на больших глубинах, там, где кварц уже существовать не может, и что подъем глубинного материала к дневной поверхности был очень быстрым, так что, попав в условия низких температур и давлений дневной поверхности, и алмаз, и коэсит «закалились» и не успели до полного охлаждения перейти в устойчивые на дневной поверхности графит и кварц.

Второй, также очень важный вывод заключается в том, что на глубинах более 100 км, где господствуют давления, необходимые для образования алмаза и коэсита, земная мантия не однородна, как думали раньше, а что на этой глубине есть разности горных пород, даже такие, в которых встречается свободная кремнекислота. До сих

пор все теории о строении глубин основывались на взглядах австралийского ученого А. Е. Рингвуда, доказывавшего, что земная мантия (слой под земной корой, который находится на глубинах большее 40 км) состоит целиком из однородного «пиролита» — горной породы, очень похожей на ультрабазиты дневной поверхности.

Изучение алмазных месторождений почти каждый день дает что-то новое и крайне интересное, но самое главное уже ясно: на дневной поверхности алмаз является редким гостем из другого мира — мира огромных давлений и высоких температур, господствующих в земных глубинах. Необычные свойства алмаза — огромная твердость, высокое светопреломление и замечательная игра цветов (у бриллианта), — все это «визитная карточка» необычных, особых условий, существующих в глубинах Земли. О минеральной природе горных пород, слагающих мантию Земли на этих глубинах, ученые только-только начали догадываться.

Первые алмазы были найдены на территории Индии. Когда это произошло, не очень ясно. По данным старинных книг, можно предполагать, что более 3000 лет до н. э., однако никаких объективных данных на этот счет нет, да и возраст текстов самих книг иногда сомнителен. Наиболее древним археологическим памятником является хранящаяся в Британском музее греческая бронзовая статуэтка, глаза которой изготовлены из неотделанных, видимо, индийских алмазов. По возрасту эту статуэтку относят к 480 г. до н. э.

Долгое время Индия была основным поставщиком алмазов. Алмазы здесь добывали в россыпях, расположенных в двух районах: на севере страны в районе г. Панна в штате Мадхья-Прадеш, несколько южнее прямой линии, соединяющей города Дели и Калькутту; второе поле россыпей («россыпи Голконды») располагается южнее г. Хайдарабада, между реками Кистна (Кришна) и Пенчер. Наибольшее число алмазов добывалось в первой области. В средние века алмаз, добытый в разных местах, свозили на рынок в город Голконду. Сейчас от Голконды остались только развалины крепости, дворца и многочисленных служебных построек, расположены они в непосредственной близости от Хайдарабада. В настоящее время главным центром торговли алмазом стал город Панна.

О происхождении алмазных россыпей у геологов Индии нет единой точки зрения. Сейчас в обоих алмазонос-

ных районах открыты не только россыпи, но и коренные месторождения. Как и в Южной Африке, это кимберлитовые трубки, но, как оказалось, эти трубки прорывают слои, содержащие алмаз, следовательно, они моложе россыпей и не могут быть их «материнской породой». Научное исследование индийских месторождений алмаза только начинается. Видимо, здесь будет много открытий.

О некоторых крупных алмазах, найденных в Индии, идет дурная слава. Особенно известен в этом отношении алмаз «Кох-и-нур». Из 18 государей Индостана, владевших этим алмазом, часть была предательски умерщвлена, другие пали в сражениях или были изгнаны и умерли в нищете. Этот алмаз был найден на территории нынешнего индийского штата Андхра-Прадеш. Среди других алмазов первой величины «Кох-и-нур» выделяется неповторимой игрой света и огромным размером — 191 карат\* после первой огранки. Недаром в переводе с санскрита его имя означает «Гора света». Первым владельцем «Кох-и-нура», о котором мы знаем, был раджа княжества Гвалиора, правивший в XVI в. Он преподнес камень падишаху Хамаюну из династии Великих Моголов. Позднее бриллиант был увезен в Афганистан, затем вновь оказался на территории Индии, в Пенджабе. Когда этот район был захвачен Великобританией (1849 г.), принц Далин Сингх был вынужден «подарить» «Кох-и-нур» английскому генерал-губернатору, который преподнес его королеве Виктории. Сейчас официальные власти Великобритании серьезно встревожены требованием Пакистана и Индии возвратить «Кох-и-нур».

Напомним также историю алмаза «Шах», хранящегося в Советском алмазном фонде и изученного академиком А. Е. Ферсманом. Его история записана на самом камне. Камень этот весом 88,7 карат найден в Индии в конце XVI в. Первым владельцем камня в 1591 г. был Бурхан-Низам-шах, правивший в Ахмеднагаре, но уже в 1595 г. он был захвачен Великими Моголами. В 1641 г. на камне было написано, что его владельцем стал Шах Джехан из рода Великих Моголов. В 1665 г. путешественник Тавернье видел этот камень во дворце Могола Ауренг-зеба. При падении государства Моголов алмаз перешел к персидскому шаху Надиру. В 1824 г., как выгравировано на камне, им владел персидский Фатах-али-шах. Но уже в

\* Карат — мера веса ювелирных камней; метрический карат, принятый сейчас почти во всем мире, равен 0,200 г.

1829 г. принц Хорсов-Мирза привез этот камень русскому царю в знак мира и в компенсацию за убийство в Тегеране русского посла А. С. Грибоедова.

Следующее по времени открытие россыпей алмаза имело место в Индонезии на о-ве Калимантан (Борнео). Когда это случилось, не очень ясно, в некоторых сводках указывается VI в., в других — X в. н. э. Открывателями, кажется, были выходцы из Индии. Открытие россыпей в юго-восточной части острова относят уже к XVII в. Россыпи Калимантана не очень богаты и плохо изучены. По возрасту они относительно молодые. Камни, встречающиеся здесь, обычно мелкие, но находили и камни весом до 100 карат. Известен, например, алмаз «Звезда Саравака» весом в 87 карат. Открыты на Калимантане и кимберлитовые трубы, но все ли алмазы связаны с этими трубками, не выяснено.

Третьим районом алмазных месторождений является Бразилия. Открытие здесь месторождений алмаза относят к началу XVIII в., и, как всегда, об этом существует много преданий. Согласно одному из рассказов в 1726 г. португальский шахтер Бернард-да-Фонсена Лабо приехал на один из золотых приисков Бразилии и увидел, что рабочие во время игры отмечают счет выигрыша или проигрыша с помощью блестящих камней. Лабо узнал в них алмаз, но у него хватило выдержки скрыть свое открытие и удалось приобрести здесь довольно много таких камней. Однако вскоре после того, как Лабо попытался реализовать в Европе эти камни, о его находке узнали все, и в Бразилии началась «алмазная лихорадка».

Алмаз в Бразилии встречается в россыпях обычно в камнях менее карата. Известны и находки крупных камней. Пыляев рассказывает, что один из крупных местных алмазов «Южная Звезда» «нашла невольница, принесшая обед неграм-работникам; пока они ели, она села поблизости и от ничего делать начала разбирать камни, между которыми и оказался великолепный алмаз. Она отдала его своему хозяину, который, однако, за такую драгоценную находку не дал ей свободы»\*.

Источником алмаза в современных бразильских россыпях является знаменитый бразильский гибкий кварцит — итаколумит. В этом кварците зерна кварца практически не связаны один с другим, а держатся на гибких листочках слюды. В результате пластинка этого кварцита легко

\* М. И. Пыляев. Драгоценные камни. СПб., 1888, с. 90.

(конечно, до известных пределов) изгибаются. Мне пришлось видеть много образцов итаколумита. Пластиинка его длиной около 20, шириной 8 и толщиной в 2 см прогибалась в обе стороны на 2–2,5 см. В музеях образцы итаколумита обычно закрепляют по краям в приспособление, позволяющее его поворачивать, и тогда изгибание пластиинки видно очень хорошо. Алмаз в итаколумит попал из коренных месторождений при их размытии; таким образом, итаколумит — это древняя алмазная россыпь, а современные россыпи уже вторичные.

Следующие открытия были сделаны в Австралии, где в 1851 г. опять-таки в россыпях был найден алмаз в прибрежных районах Нового Южного Уэльса. Однако количества добываемого здесь алмаза никогда не было большим, а позднее добычу алмаза в Австралии почти прекратили. Об алмазах Австралии заговорили вновь примерно через 100–120 лет. На западе Австралии, в 120 км от порта Дарвин, есть поселок со знаменитым названием Кимберли\*. Около него ранее находили алмазы в россыпи. В 70-х годах там же были найдены коренные алмазные месторождения (в 1980 г. уже было открыто более 30 трубок); некоторые из этих месторождений оказались очень богатыми, и сейчас считают, что Австралия может выйти в число главных стран, добывающих алмаз.

В третьей четверти XIX века произошло одно из самых впечатляющих событий «алмазной истории» — открытие месторождений алмаза в Южной Африке. Месторождений огромных, дающих сейчас главную массу всего добываемого сырья. Про открытие алмаза в Африке рассказывает много легенд. Очень эффективно одна из них рассказана у Пыляева. Вот она вкратце. В 1867 г. Джон О'Релли — торговец и охотник — остановился ночевать на ферме голландца Бан-Никерка, стоявшей на р. Бааль. Здесь его внимание привлек камень, которым играли дети. «Кажется, это алмаз», — сказал О'Релли. Никерк рассмеялся: «Можете взять его себе, это наверняка не алмаз, таких булыжников здесь множество». О'Релли взял камень, чтобы узнать, алмаз ли это, и если камень окажется алмазом, то он поделится с фермером его стоимостью. В Кейптауне он определил, что это действи-

\* Название этого поселка дано было в честь Африканского города Кимберли, центра алмазной промышленности Африки, но еще тогда, когда об алмазах здесь не думали. Удивительно, что именно у этого поселка теперь открыты крупнейшие месторождения алмазов.

тельно алмаз и продал его за 3000 долларов. «Надо сказать к чести О'Релли, что он добросовестно поделился барышом с Никерком», — пишет Пыляев (Там же, с. 101).

Находка О'Релли стала широко известна, и уже в 1869 г. в район фермы Никерка на р. Вааль стал стекаться народ, началась «алмазная лихорадка». Ферму Никерка буквально разнесли по кусочкам, перерыли все окрестности. Говорят, что сам Никерк купил у жившего неподалеку колдуна-кафра большой алмаз, отдав за него более 500 овец, лошадей и почти все свое имущество. Этот алмаз, ставший потом известным под названием «Звезда Южной Африки», весом 83 карата он продал за 56 тыс. долл.

Первоначально и в Южной Африке разрабатывались только россыпи по рекам. Первое коренное алмазное месторождение в Южной Африке было открыто еще в период «алмазной лихорадки». Сначала предполагалось, что это крупная россыпь. Вокруг нее возник на первых порах временный палаточный и барабанный поселок, превратившийся затем в крупный город Кимберли, заселенный горняками, любителями легкой наживы, скупщиками алмаза, держателями притонов и алмазопромышленниками. Уже в эти первые годы были выяснено, что алмаз приурочен к своеобразной горной породе, которую назвали кимберлитом. Она, как оказалось, выполняет трубчатое тело относительно небольшое по диаметру, но уходящее на большие глубины. По имени этого первого месторождения все подобные месторождения стали называть кимберлитовыми или алмазоносными трубками. На фотографиях, сделанных в первые годы эксплуатации трубы Кимберли, показан огромный, глубокий карьер, почти закрытый сверху паутиной канатов, с помощью которых извлекали наверх добытую породу и поднимали горняков. Сейчас трубка Кимберли уже отработана более чем на километр в глубину, и строение ее довольно хорошо изучено. Сначала она несколько сужается книзу, сохраняя в сечении свою более или менее округлую форму. Затем она снова расширяется, причем своеобразно изменяет форму своего сечения, сужаясь в одном направлении и растягиваясь в другом, приближаясь к форме дайки.

Форма алмазоносной трубы, с которой геологи впервые познакомились на примере трубы Кимберли, оказалась весьма типичной для месторождений алмазов (рис. 2). Сначала в Южной Африке, а затем и в других африканских странах, имеющих месторождения алмаза,

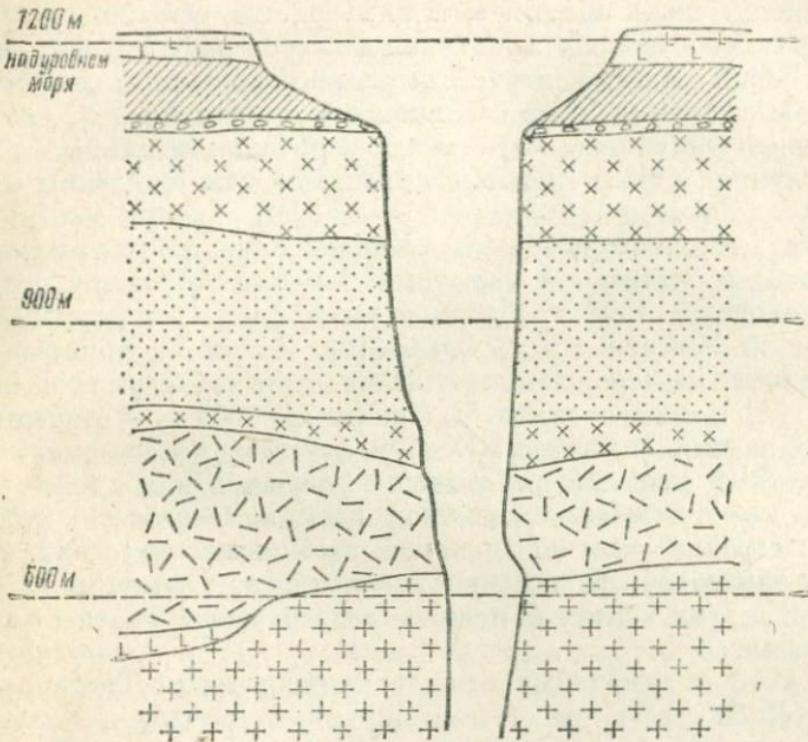


Рис. 2. Кимберлитовая трубка

Белое поле — выбранный кимберлит. Различными знаками показаны древние горные породы, слагающие районы, которые были прорваны кимберлитом при внедрении

были найдены алмазоносные трубы. Гораздо реже встречаются кимберлитовые жилы, они оказывались зачастую не алмазоносными, хотя и имели совершенно тот же облик, что и алмазоносные кимберлиты.

Порода, несущая алмазы, как сказано, называется кимберлитом. Однако детальные исследования показали, что различия в породах, вышлюющих разные трубы, весьма велики и нередко эти горные породы имеют различный минеральный состав. Но во всех случаях это породы бедные или даже очень бедные кремнекислотой. Иногда они обогащены кальцитом и часто довольно богаты щелочами, приближаясь по типу породы к так называемым щелочно-ультраосновным интрузиям (карбонатитам). В ряде случаев кимберлит богат слюдой. Важной особенностью кимберлитов является их структура, часто это очень мелкозернистые, почти стекловатые (но стекла в них не найдено!) породы, обычно состоящие из боль-

шого количества цементированных или даже несцементированных мелких обломков. В кимберлитах обычно много включений отдельных минералов и кусков различных горных пород. Иногда это обломки расположенных рядом вмещающих пород, но в основном это горные породы, вынесенные с глубины. Глубинные включения в кимберлитах служат сейчас главным признаком для суждения о глубинах Земли.

Открытие месторождений в Южной Африке было только началом выявления алмазных богатств Африканского континента. В 1903 г. были открыты алмазные россыпи в Южной Родезии (ныне Зимбабве). В Анголе крупные россыпные месторождения алмазов были обнаружены в 1907 г. В Намибии алмаз был найден в 1904 г. Интересно, что первые алмазы в Намибии были подобрены одним из местных жителей, работавшим ранее в Южной Африке, в кювете железнодорожной насыпи. Оказалось, что для постройки железнодорожной насыпи использовались пески алмазоносной россыпи; непонятно как алмаз не заметили в этих песках немецкие геологи, неоднократно их изучавшие.

В 1913 г. алмаз был открыт на территории Танганьики, Либерии и в самом крупном месторождении мира — россыпях Бельгийского Конго (сейчас республика Заир). Открытие россыпей шло и позднее: в 1931 г. алмазы обнаружены в Сьерра-Леоне и в Конго (Браззавиль).

Особенно активно начались исследования алмазных месторождений после завоевания развивающимися государствами Африки самостоятельности. Сейчас в большинстве африканских алмазоносных районов найдены коренные месторождения, которые оказались, как и в других случаях, кимберлитами; отчасти это трубки, но бывают алмазоносными и кимберлитовые жилы.

Обратимся теперь к алмазным месторождениям нашей страны. Еще перед Великой Отечественной войной, когда академик А. Е. Ферсман писал свои книги о самоцветах, он ничего не знал об алмазах в нашей стране. Сейчас известны и эксплуатируются два интересных района добычи алмаза: россыпи Урала, россыпи и коренные месторождения Якутии.

История открытия алмазов на Урале многократно описана. Первый кристалл нашел 5 июля 1829 г. в окрестностях Биссерского завода четырнадцатилетний мальчик Павел Попов. Этот кристалл, как и два других, найден-

ных несколько дней спустя, были определены фрейбергским минералогом Г. Шмидтом, который в это время служил у владельцев прииска. В следующем году было найдено 26 алмазов. Один из этих кристаллов был передан А. Гумбольдту, путешествовавшему в это время по Уралу. Эта находка произвела в Петербурге фурор, и на Урал было направлено несколько партий специально для поисков алмаза. Партии тщательно изучили весь район находок алмаза и показали, что алмазы и золото встречаются «в железистой части песков», однако промышленных россыпей здесь не нашли. В 1838 г. алмаз был найден на Кушайском прииске в Гороблагодатском округе и почти одновременно на Южном Урале, на Успенском прииске.

Были более поздние и многочисленные отдельные находки, которые усиленно изучались. Всего до 1928 г. здесь было найдено более 220 камней, причем самый большой весил 3 карата.

Только с началом планомерных исследований было выявлено, что обогащение алмазом россыпей на Урале приурочено к двум полосам, причем в ряде мест можно было организовать промышленную добычу алмазов. Алмазы Урала прекрасно описаны в монографии ленинградского профессора А. А. Кухаренко.

В основе открытия месторождений алмазов в Бразилии и в Южной Африке, да и других алмазных месторождений, был «его величество случай», далее возникала «алмазная лихорадка», приводившая к гибели многих людей, гангстеризму и захватам новооткрытых месторождений.

Открытие геологами нового алмазоносного района в Якутии резко отличалось от обычной истории. В районе современной алмазоносной области наблюдались отдельные находки алмазов еще в 1898 г., но каких-либо точных сведений об этом не сохранилось.

В 1937 г. в Енисейском кряже алмаз нашел геолог А. П. Буров, под руководством которого велись все дальнейшие поиски.

Однако эти находки еще ни о чем не говорили. Важно было другое: изучение тех областей Восточной Сибири, которые заняты древними лавами — так называемыми траппами, показало большое сходство в геологическом строении этих областей с Южной Африкой и отчасти с Индией, что позволило еще в середине 30-х годов известному исследователю Сибири Г. Г. Моору высказать

предположение о существовании здесь месторождений алмазов. Подтвердил этот прогноз и В. С. Соболев, известный исследователь траппов, впоследствии академик. Однако в те предвоенные годы, несмотря на то, что советской промышленности алмаз был совершенно необходим, наша страна не могла уделить поискам этого минерала ни времени, ни средств. Регулярные поиски начались только в послевоенные годы.

Трудности, которые стояли перед геологами, были очень велики. Не были известны ни районы, где эти поиски могли бы быть наиболее перспективными, ни методы поисков, не было даже сколько-нибудь уверенных путей, позволявших определить содержание в данной пробе алмаза. Даже в самых богатых россыпях это содержание ничтожно, всего несколько карат или в лучшем случае десятков карат (2–3 г алмаза) в 100 т песка. Приходилось учиться вести поиск. Ведь в то время ни один советский геолог еще не видел алмазных месторождений. О них знали только по литературе.

Конечно, проще всего начинать поиски с россыпей. Советские геологи хорошо знают россыпи платины, золота, олова и ряда других минералов. Алмаз, хотя и тяжелее обычных минералов горных пород, полевых шпатов и кварца, но все же много легче платины, золота и оловянных минералов. Каковы отношения россыпей алмаза к россыпям других минералов было совершенно неясно. Как мыть пески? До каких пор смывать из лотка легкие минералы, чтобы не смыть отдельные крупишки алмаза. Промывальщику, привыкшему «мыть» тяжелое золото, сохранить в лотке относительно легкий алмаз совсем не просто. Этому надо долго учиться, а как проверить, если нет уверенности, что в россыпи есть алмаз?

Это только ничтожная часть трудностей, вставших перед геологами, начавшими поиск алмаза. Залогом успеха был, впрочем, примененный А. П. Буровым ранее разработанный советскими минералогами рентгеновский метод определения алмаза, он позволял увидеть алмаз сразу, если только он был в отмытой тяжелой фракции (рис. 3).

Не сразу пришел успех, но все-таки относительно скоро. В 1953 г. молодому геологу Григорию Файнштейну удалось на Вилюе, на косе Соколиной, найти первую алмазную россыпь. Эта была огромная удача, которая сразу доказала справедливость научного прогноза и правильность методов поисков.

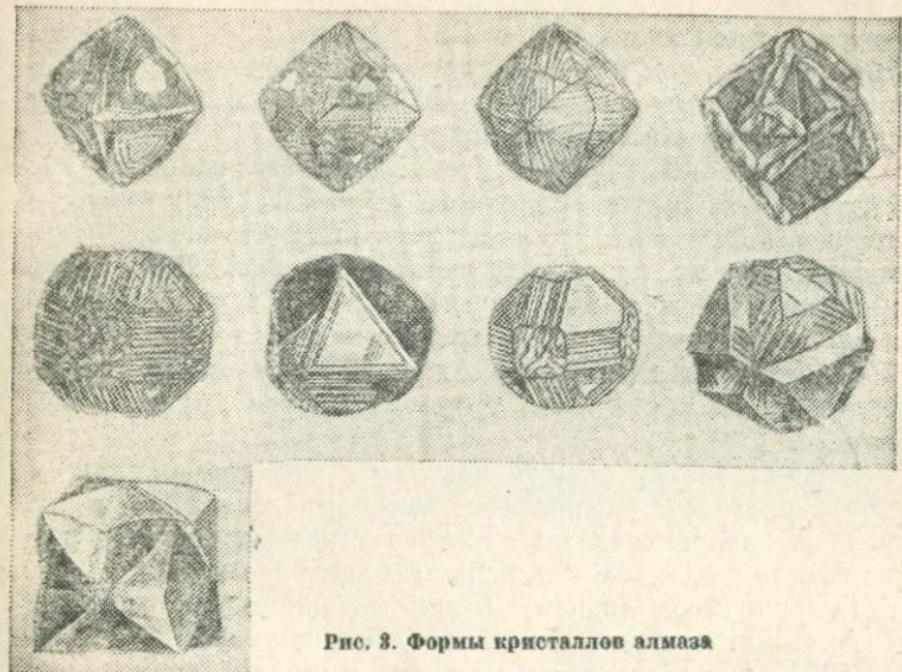


Рис. 3. Формы кристаллов алмаза

Найти россыпь — это очень много, но далеко не все; нужны коренные месторождения, и в этой связи следует упомянуть еще три имени. В шлихах, привезенных из Сибири геологами Н. Н. Сарасадских и Л. А. Попугаевой, профессору Ленинградского университета минералогу А. А. Кухаренко удалось определить, что гранат, которого всегда довольно много в шлихах, в данном случае относится к ряду пиропа.

Гранаты — это очень интересная, широко распространенная группа минералов. Структура граната исключительно устойчива и допускает самые широкие замены ионов. Обычные желтые гранаты рудных месторождений — известково-глиноземистые или известково-глиноземисто-железистые. В древних гранито-gneйсовых толщах Карелии, на Урале и в других районах развиты красномалиновые железисто-глиноземистые гранаты. Пироп же — густой ярко-красный магнезиально-глиноземистый гранат, обычно содержащий некоторую примесь хрома, до этого встречался только в Чехословакии при каких-то не очень ясных условиях залегания и в южноафриканских алмазоносных трубках. В Южной Африке он является главным спутником алмаза. Естественно, было высказано предположение, что и здесь, в Сибири, он также

может сопровождать алмаз. Эта догадка уже была большим успехом, так как пироповый гранат очень легко распознать простым глазом; в шлихах его много, значит трубы нужно искать «по пиропу».

Сейчас, когда научились синтезировать гранаты, выяснилось, что состав граната во многом зависит от условий, в которых идет его кристаллизация. Известково-глиноземистые и известково-железистые гранаты легко синтезируются при низких давлениях, а вот магнезиально-глиноземистый получить при низких давлениях не удается. Даже из шихты, содержащей все нужные компоненты, он не образуется; кристаллизуются другие минералы.

Иначе говоря, опыты показали, что пироп, как и алмаз, является «минералом высокого давления» и на дневной поверхности он — гость с огромных глубин, где рос вместе с алмазом под большим давлением.

Вооруженная новым, более совершенным методом Л. А. Попугаева выехала в поле. К концу лета (21 августа 1954 г.), прослеживая по речке и ручьям, впадающим в речку, места, откуда в россыпь попадает пироп, Л. А. Попугаева и работавший с ней промывальщик Ф. Беликов открыли первую коренную алмазоносную трубку Сибири, которая была названа «Зарницей».

Период учебы и освоения методов поиска алмазов кончился. Началась систематическая целенаправленная работа. Уже 13 июня 1955 г. Ю. Хабардин открыл трубку «Мир», на которой сейчас стоит город алмазников. Потом были открыты многие другие трубы и россыпи. В результате был выявлен интересный алмазоносный район, позволяющий сейчас не только снабжать алмазом нашу страну, но и направить часть камней на экспорт.

Открытие Якутского алмазоносного района является блестящим достижением советской геологической науки, свидетельствующим о ее большой зрелости. Оно же может служить примером целенаправленного научного прогноза.

Следует рассказать еще об одном типе алмазных месторождений, крайне интересных после всего того, что известно об образовании алмаза. Выше говорилось, что алмаз образуется в условиях огромных давлений внутри Земли, но есть и на поверхности Земли места, где, хотя и кратковременно, возникают огромные давления, вполне достаточные для образования алмаза. Это места ударов крупных метеоритов. Вообще алмаз встречается в ряде

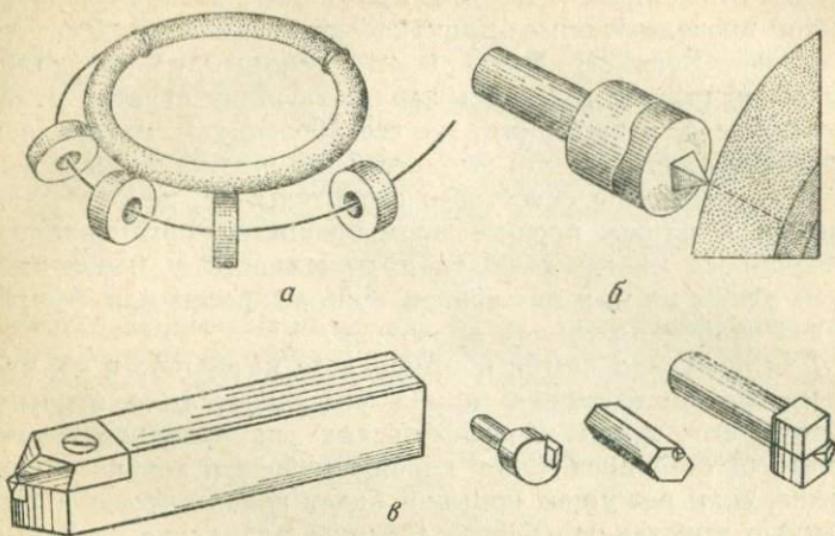


Рис. 4. Использование алмаза в промышленности

а — алмазные «волоки» для вытягивания проволоки; б — инструмент для правки кругов; в — алмазные резцы

метеоритов. Пожалуй, впервые он был определен в Ново-Урейском метеорите, упавшем 10 сентября 1886 г. в б. Пензенской губернии. В этом случае, однако, можно предположить, что алмаз был в метеорите и до падения, но вот алмаз в Аризонском метеоритном кратере явно образовался при ударе метеорита.

Сейчас выявленные на Земле ударные кратеры усиленно изучаются; известны они на Луне и других планетах. Результаты этих исследований, видимо, могут привести к новым и крайне интересным открытиям.

Алмаз является драгоценным камнем, но вместе с тем это и важнейшее промышленное сырье. Алмаз самое твердое вещество в мире, он в 150 раз тверже следующего за ним по твердости минерала корунда и в 1000 раз тверже кварца, отсюда и его применение в промышленности. Из алмаза делают мерные инструменты, например призмы, измеряющие твердость, инструменты для правки абразивных кругов и твердосплавных резцов, а также фрезы (рис. 4). Алмазы вставляют в буровые коронки для разведочного или нефтяного бурения, что во много раз ускоряет бурение. Алмазом заправляют камнерезные пилы, из них делают шлифовальные и полировальные круги, и, самое главное, пластинки алмаза с очень малым калиброванным отверстием служат волоком в фильерах

для изготовления тончайших проволочек. В производстве тонкой проволоки алмаз практически незаменим.

После Великой Октябрьской революции капиталистические страны пытались задушить нашу страну, наложив эмбарго, в частности, на все абразивные материалы, и особенно жестким это эмбарго было в отношении алмаза. В первые годы советского строительства, до открытия алмазов в нашей стране, промышленным организациям приходилось иногда скупать драгоценности у населения, с тем чтобы из них изготовить нужный резец или фильеру для волочения тонкой проволоки.

Для любителя камня и минералога интересно и то, что во многие инструменты алмаз заправляется со строгим учетом его кристаллографических направлений; так, алмазный стеклорез будет хорошо работать только в том случае, если режущей кромкой будет грань октаэдра. Дефектные кристаллы (борт), а также радиально-лучистые сростки (баллас) и скрытокристаллические разности (карбонадо) используются главным образом в буровых коронках.

Мелкий алмаз служит для изготовления полировальных и шлифовальных паст. Сейчас для приготовления шлифовальных и полировальных паст, мастика и порошков широко применяются и искусственные алмазы.

Замечательны ювелирные изделия с бриллиантами, играющими всеми цветами радуги. Очень велико искусство художников камня, умеющих так выявить особенности каждого кристалла.

Но для меня прекрасный алмаз прежде всего камень-труженик и камень, позволяющий заглянуть в пока еще не доступные глубины нашей планеты.

## ХРИЗОЛИТ

Хризолит — прозрачный драгоценный камень зеленовато-желтого цвета. По своей природе относится к минералогической группе оливина. Изучение химизма минералов этой группы показало, что в их строении на две частицы двухвалентного металла приходится одна частица кремния. В качестве двухвалентного металла наиболее часто присутствует магний и железо. Магниевый оливин — форстерит — бесцветен, встречается в породах, бедных железом, наиболее часто в мраморах. Железистый оливин — фоллит — очень густо окрашен, часто даже не просвечивает. Наиболее часты разности, в которых 10—30% железа; такие оливины и называют хризолитом. Присутствие в минерале небольших количеств никеля улучшает цвет. Твердость оливина 6—7 (несколько выше твердости

*стального ножа). Характерна большая анизотропность твердости. Иначе говоря, твердость минерала различна в разных плоскостях, что сильно мешает его обработке. Встречается почти во всех магматических и многих метаморфических породах, содержащих менее 45% кремнекислоты.*

Из современного учебника минералогии

*Хризолит употребляется также на драгоценные украшения... Но цена его меньше противу прочих драгоценных камней потому, что он долготою времени теряет блеск и получает трещины.*

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, кн. I, с. 337

*Несмотря на прекрасный цвет и сильный стеклянный блеск, хризолиты вообще не уважаются любителями драгоценных камней... по... в начале шестидесятых годов оливин в Париже был в большой моде, и за вставку его от 6 до 80 линий (1,5—2,0 см) величиной платили до 100 руб.*

Пылиев М. И. Драгоценные камни. СПб., 1888, с. 367—368

Хризолит может быть примером исключительной редкости ювелирных разностей широко распространенного минерала. Оливин (в большинстве своем хризолит) очень широко распространен. Достаточно указать, что он составляет не менее нескольких процентов земной коры. Оливином в мелких зернах нацело слагаются некоторые ультраосновные породы — дуниты, оливиниты и т. д. Такие распространенные вулканические породы, как базальт, часто в больших количествах содержат оливин. Во многих метаморфических породах также встречаются мелкие кристаллы оливиновых минералов. Оливин нередко кристаллизуется прямо из расплава, и многие металлургические шлаки целиком слагаются железистым оливином — фаялитом.

Несмотря на весьма широкую распространенность хризолита, крупные его кристаллы крайне редки, и сейчас можно назвать только некоторые месторождения, где добывались или могут добываться ювелирные разности.

Наиболее знаменито в старину было месторождение хризолита на острове Зебергед (Сент-Джон), расположенному в Красном море близ Египетского побережья, примерно на широте Ассуана. По сведениям, приводимым в литературе, этот хризолит использовался египетскими фараонами, и крестоносцы, разграбившие Александрию во время одного из походов, в больших количествах привозили его в Европу. Современное положение с разработкой месторождения не очень ясно. В конце прошлого столетия месторождение это было открыто

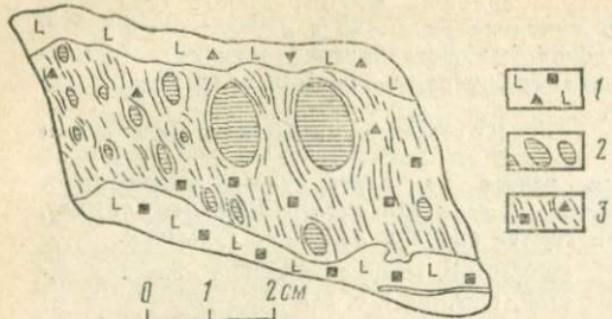


Рис. 5. Выделение хризолита (2) среди волокнистого серпентина с кристаллами хромита (3) среди дунита (1). Хромит везде черный. Хара-Нурское месторождение в Восточном Саяне

вновь, но, как пишут, в 1914—1915 гг. добыча хризолита здесь была прекращена.

В северной части острова Зебергед находятся три небольших ультраосновных массива, выступающих над уровнем острова в виде холмов. Самый высокий из них сложен существенно оливиновой породой, частично перешедшей в серпентинит. В этой породе, пересекая ее в разных направлениях, проходят жилки антигорита, в которые включены кристаллы хризолита и их скопления. Добыча хризолита велась главным образом у подножия холмов, где хризолит легко извлекался из выветрелых пород. Хризолиты острова Зебергед очень крупные. Иногда достигают 50 г. Количество кристаллов в разных прожилках различное, но качество везде хорошее.

В СССР описаны месторождения, которые считаются пока непромышленными, очень похожие на египетские. Наиболее изучено Хара-Нурское в Восточном Саяне. Здесь в небольших телах оливиновых пород по системе трещин располагаются линзы (1—5 м длиной и 0,03—0,10 м шириной) измененных пород, где кристаллы хризолита включены в серовато-белую тонковолокнистую серпентиновую массу, обволакивающую каждое зерно. На рис. 5 показано строение таких линз. Наибольшее количество кристаллов приурочено к центру линз, особенно к местам их максимального раздува; к краям линзы хризолита меньше и его зерна мельче. Среднее содержание 30—35%, размер зерен до 3—5 см. Волокнистая масса изгибается и обтекает каждое зерно. Природа волокнистой массы изучена плохо. Сами хризолитовые зерна не имеют кристаллических очертаний. Их поверхность имеет «обсосанный» характер и, по-видимому, образовалась в результате некоторого растворения ранее существовавших зерен.

Хризолитовые залежи, находящиеся в пределах одной

рудоносной трещины, изолированы одна от другой. Нарастания кристаллов хризолита на стеники трещины нигде не наблюдалось. Месторождение не разрабатывается, несмотря на хорошее качество хризолита. Этот минерал пока не удается извлечь из породы, не разрушив его.

Интересно представить, как проходил процесс образования хризолитоносных тел. Исследователи, изучившие их, дают противоречивые ответы. Несомненно только то, что в образовании хризолитсодержащих тел участвовала вода, причем конец процесса — образование волокнистой массы — протекал при относительно невысокой температуре, иначе не могли бы образоваться такие содержащие воду минералы, как серпентин и волокнистые глины. Текущей воды — настоящих гидротерм — видимо, тоже не было. Остается предположить, что в результате горообразующих усилий возникли пустоты, в которые попала вода, в этой воде растворилось очень большое количество вещества ультрабазита, что при относительно высоких начальных давлениях и температурах вполне возможно. Начинаяющееся охлаждение всего массива привело к кристаллизации хризолита, но поскольку температура продолжала снижаться, устойчивость приобрели водные магнезиальные низкотемпературные минералы. Хризолит в этих холодных водах растворялся, а за его счет шла кристаллизация устойчивых водных минералов. Это продолжалось до тех пор, пока полость не была заполнена целиком.

Следующий тип месторождений ювелирного хризолита связан с так называемыми щелочными ультраосновными интрузиями, иначе их называют карбонатитовыми по имени существенно карбонатной породы, широко распространенной в таких интрузиях. История открытия и изучения этих интрузий необычайно интересна. В Норвегии еще в конце прошлого века были открыты более или менее округлые в сечении тела в виде трубки, уходящие на глубину, сложенные в основном карбонатными породами. Норвежский исследователь У. Брёггер описал их как магматические образования, полагая, что существовал карбонатный расплав, который внедрился в виде жидкости в эти трубчатые образования, однако в то время появление карбонатных магматических расплавов казалось невозможным. Углекислота при высоких температурах очень летучая, и весь обычный опыт показывает, что расплавить, скажем, известняк или доломит невозможно; углекислота улетит, останется известь или магнезия. По-

этому большинство специалистов резко возражали Брёггеру, отказываясь от его представлений. Однако изучать карбонатитовые тела оказалось совершенно необходимо. С ними, как выяснилось, связано огромное количество полезных ископаемых — и руды железа, и редкие элементы, и слюда, да и многое другое. Начались поиски «подходящих» представлений, и все исследователи в конце концов согласились, что карбонатиты являются результатом взаимодействия любых вмещающих пород и водных растворов, идущих с глубин (опять проблему «опустили в глубины» и все всё поняли!).

В начале 60-х годов я работал на одном из карбонатитовых массивов Карелии и совершенно не мог понять её строения. Одновременно здесь же работали еще несколько геологов. Во время одной из встреч я обратился к известной исследовательнице этих пород: «И все-таки, я не могу понять, что такое карбонатиты?» «Ну, что же здесь трудного,— ответила она,— просто высокотемпературные кальцитовые гидротермальные жилы». Конечно, такое решение просто, но поверить ему было очень трудно. Слишком резко отличались карбонатиты от жил по условиям залегания и по минеральному составу.

В 1966—1967 гг. неожиданно начал действовать счи-тавшийся потухшим вулкан Олдоньи-Лянгаи в Танзании. В это время там работала группа советских геологов и геологи из США и Англии. Извержение это удалось хорошо изучить. Каково было удивление всех, когда увидели, что и пепел вулкана, и его лава почти целиком состояли из карбонатов — кальцита, соды и поташа.

В конце 60-х годов в Баку на Всесоюзном петрографическом совещании профессор В. И. Герасимовский, наблюдавший извержение Олдоньи-Лянгаи, рассказал о нем и продемонстрировал образцы карбонатной лавы и пепла. Но уверенность в невозможности существования карбонатных расплавов была так велика, что один из крупнейших наших исследователей выступил после него примерно с таким тезисом: «Здесь какое-то недоразумение; карбонатные расплавы теоретически совершенно невозможны».

Извержение Олдоньи-Лянгаи помогло решить основной вопрос генезиса карбонатитов. Оказывается, карбонатная магма существует, следовательно, Брёггер был прав: карбонатитовые массивы являются магматическими телами. Карбонатитовые интрузии сложены рядом весьма разнородных пород и собственно карбонатитов — карбонатных

пород — и ультраосновных существенно оливиновых и пород, богатых щелочами. Сейчас можно предполагать, что при образовании этих массивов по каналу поднимались одновременно несколько несмешивающихся жидкостей, подобно тому как из нефтяных пластов по буровым скважинам одновременно поднимаются нефть и вода. Представляется несомненным, что карбонатитовая магма содержит много растворенных летучих веществ. В процессе остывания и кристаллизации расплавов эти летучие вещества выделяются из расплава и уже в новых условиях низких температур взаимодействуют с уже затвердевшими породами, изменения и перекристаллизовывая их. Сейчас ученые спорят только о масштабах этого воздействия летучих.

В Советском Союзе усиленно изучают большое число таких ультраосновных — щелочных или попросту карбонатитовых — интрузий. Особенно широко распространены они на Кольском полуострове и на севере Сибири в пределах Красноярского края. Именно в Красноярском крае расположена относительно небольшая карбонатитовая интрузия «Кугда», где был встречен ювелирный хризолит. Для этой интрузии характерны округлые формы и большое разнообразие слагающих ее пород. На некотором удалении от главной трубки есть несколько мелких, тоже более или менее изометрических тел, отходящих от главного. Присутствие этих мелких тел можно рассматривать как одно из доказательств магматического генезиса всего массива Кугда.

Прозрачный хризолит встречается в жилах среди оливиновых пород. Наибольшее количество (несколько десятков) таких жил встречено в юго-восточной части массива. Мощность их несколько сантиметров, длина до 40 м. Количество хризолита в жиле порядка 1—10%; остальное — непрозрачный оливин, флогопит (магнезиальная слюда) и серпофит (водный силикат магния). Хризолит красивого зеленого цвета, иногда с желтовато-зеленым или оливково-зеленым оттенком. Размер обломков кристаллов от 2 до 15 мм; наиболее часто встречаются зерна  $3 \times 5 \times 5$  мм. Некоторые зерна трещиноваты. Прозрачные зерна хорошо режутся, шлифуются и полируются. Отшлифованные камни из хризолита Кугды очень красивы. На поверхности массива в рыхлых отложениях также встречаются обломки ювелирного хризолита. Их можно рассматривать как хризолитовые россыпи.

Кроме массива Кугда, крупные зерна хризолита встречаются, видимо, и на других подобных же массивах этого района. В частности, они отмечаются в массиве Бор-Урях. Несмотря на иные условия залегания, месторождение это по условиям своего образования очень близко к описанным египетскому и восточносибирскому. Месторождение Кугды, как пишут, разрабатывается. На хризолит отсюда даже составлены требования к сырью. Были встречены ювелирные разности оливина (хризолит) в Ковдорском месторождении на Кольском полуострове.

Обратимся теперь к месторождениям хризолита принципиально иного характера, к которому можно отнести прозрачный оливин — хризолит, связанный с глубинными алмазоносными кимберлитами. Оливин вообще весьма распространен в кимберлитах, но крупные зерна встречаются крайне редко, только в некоторых разностях. В литературе указывается, что среди якутских алмазоносных кимберлитов наилучшие кристаллы оливина встречаются в трубках Удачная и Дальняя. Крупные обломки кристаллов хризолита встречаются в мелкозернистой (базальтоидной) основной массе из оливина, флогопитовой слюды, пиропового граната и руды. Форма обломков неправильная, угловатая. Окраска хризолита красивая — светло-зеленая, иногда оливково-зеленая, фисташково-зеленая или винно-желтая. Некоторые зерна мутные и трещиноватые, но большинство зерен красивы и прозрачны. Размер зерен от 0,5 до 7–8 мм, иногда они достигают 10–15 мм.

Была сделана попытка извлечь ювелирный хризолит из хвостов — пустой породы, оставшейся после извлечения алмазов. Были разобраны 25 м<sup>3</sup> хвостов и при этом отобрано около 4 кг хороших кристаллов размером больше 5 мм. Однако трудности извлечения так велики, что вряд ли можно рассчитывать на экономически выгодную попутно с алмазом добычу и этого драгоценного камня. В зарубежной литературе пока нет данных об извлечении хризолита из кимберлитов.

Последний, третий тип месторождений, дающих крупные кристаллы оливина-хризолита, представляют американские месторождения, расположенные в восточной части штата Аризона и на западе штата Нью-Мексико. Эти месторождения связаны с мощными лавовыми покровами системы Датил. Лавы здесь излились на поверхность всех пород, выходивших на дневную поверхность, начиная от пород палеозоя (образованных 300 млн. лет

тому назад и раньше), пород мела и даже лежащих на них четвертичных галечников. Иначе говоря, перед излияниями лав все эти породы должны были выйти на дневную поверхность, претерпеть размыв и выравнивание. На этой выровненной поверхности должны были сформироваться молодые галечники, возраст которых всего единичные миллионы лет. Только после этих преобразований могли вылиться еще более молодые лавы. Однако бурная геологическая деятельность, имевшая место в этой части Америки в более позднее время, привела к тому, что местность, покрытая лавами, претерпела интенсивный подъем и новый размыв. Таким образом, базальты сохранились только на вершинах гор—останцов былой лавовой равнины. Оливин, в том числе ювелирные кристаллы (более 2 мм), встречаются в виде скоплений крупных или мелких зерен.

Наиболее крупное месторождение Сан-Карлос расположается в штате Аризона, на вершине горы Перидот-Меза. Оливиновые скопления наблюдаются как в самих базальтах, так и в подстилающих их туфах. Имеются здесь и другие подобные же месторождения, но добыча камня везде относительно сложна, за исключением тех мест, где хризолит добывается из разрушенных базальтов.

Близкие по типу месторождения хризолита описаны в Забайкалье и в прилегающей Северной Монголии, в местности Шаварын-Царам близ сомона Тариат. Хризолит и очень красивый, густо окрашенный пироповый гранат встречаются как включения в очень молодом (четвертичном) базальте.

Скопления оливина того типа, как это описывается для американских базальтов, известны давно и интенсивно изучаются петрографами. Такие скопления именуются оливиновыми бомбами, и им придается большое теоретическое значение. Имеются два предположения. Первое — подобными породами слагается мантия Земли, ее глубинная часть, залегающая под земной корой, и базальтовая магма, формирующаяся в мантии, отрывает куски стенок той камеры, в которой эта магма помещалась в мантии, и выносит оторванные куски к поверхности в виде оливиновых бомб. Второе предположение — оливиновые бомбы являются остатком от частичного плавления мантии при образовании базальтовой магмы. Различие этих двух предположений сводится в конечном итоге к разным представлениям о природе мантии. По первому — мантия чисто оливиновая, а по второму — сильно отличается от

чистого оливица; когда из этого гипотетического первоначального состава был удален (вынавлен) базальт, остался чистый оливин. Независимо от того, кто прав, оливиновые бомбы, видимо, являются тем своеобразным окном, которое позволяет хотя бы отчасти заглянуть в глубины Земли.

Недавно выявились еще одна возможность использовать оливиновые бомбы для познания процессов, происходящих в земных глубинах. Новосибирские физико-химики, исходя из различий плотности базальта и оливиновых бомб и скорости подъема магмы, рассчитывали возможную глубину, с которой могут быть вынесены эти бомбы. Многое пока здесь гадательно, но метод такого расчета, кажется, найден правильно, и, возможно, дальнейшие исследования смогут дать ценные для науки результаты. Так или иначе, но оливиновые бомбы — интереснейшее для теории природное образование, а данные об американских и монгольских месторождениях хризолита говорят, что они интересны и практически.

В Советском Союзе имеется много точек, где отмечались оливиновые бомбы: их находили в базальтах Саян и в трапах Восточной Сибири, привозили мне образцы с бомбами из Приморья. Кажется, есть они на Северо-Востоке, около курорта Талая. Однако все это не совсем точно, и пока нет достоверных сводок о советских оливиновых бомбах. А жаль. Любителям камня и геологам стоит ими заняться. В этом направлении могут быть самые неожиданные находки.

Еще несколько заключительных слов о ювелирном хризолите. Приведенный выше обзор позволяет наметить те условия, где оливин, обычно дающий очень мелкие кристаллы, может дать крупнокристаллические разности, имеющие практическое значение как драгоценный камень. В сущности, таких условий два. Во-первых, это длительная кристаллизация и перекристаллизация оливина на огромных глубинах в мантии Земли. Наиболее вероятно, что именно отсюда происходит ювелирный оливин кимберлитовых трубок и что из таких же больших глубин происходят оливиновые бомбы\*. Во-вторых, условием появле-

\* Стоит еще напомнить знаменитое «палласово железо» — метеорит, привезенный из Сибири академиком П. С. Палласом и хранящийся сейчас в метеоритной коллекции Минералогического музея Академии наук. В массу железа здесь включены кристаллы совершенно прозрачного оливина величиной около сантиметра. Если представлять метеориты как остатки распавшей-

ния крупных оливиновых кристаллов может быть их кристаллизация из водных растворов при относительно высоких температурах и давлениях. Такой генезис имеют и египетские, и саянские, и красноярские месторождения. Следовало бы еще поискать такие месторождения и их детально изучить.

Ассоциация хризолита с серпентином и глинами позволяет надеяться на возможность получения хризолитовых кристаллов в условиях тех давлений и температур, которые вполне достижимы с помощью современной лабораторной техники. Хорошо бы провести гидротермальный синтез крупных кристаллов этого минерала. Хризолитом ювелиры не очень интересуются, но для понимания поведения оливина в природе это был бы очень важный синтез.

Специалисты, изучающие драгоценный камень, пока не очень искали хризолит. Очевидно, эта область полевых исследований осталась для любителей камня. Здесь очень велики возможности новых открытий, и можно рекомендовать всем любителям камня, попадающим в область развития ультрабазитов или щелочных ультраосновных пород, а также в районы базальтового вулканизма, поискать хризолит.

Удачи вам, любители камня!

## БЕРИЛЛ

Берилл является алюмосиликатом редкого легкого металла берилля с формулой  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ; образует призматические кристаллы. Призма образована шестью гранями или числом граней, кратным шести. Твердость ниже твердости топаза, но высокая (7,5—8). Удельный вес (2,63—2,70) близок к удельному весу кварца (2,65). Цвет голубой, близкий к цвету воды (аквамарин), желтый, золотисто-желтый, медово-желтый (золотистый берилл, гелиодор), розовый (воробьевит, или морганит), бесцветный (ростерит). К бериллу относится разность, содержащая хром и благодаря этому имеющая ярко-зеленый цвет (изумруд), являющаяся драгоценным камнем первого класса и описанная отдельно.

Из современного учебника минералогии

---

ся планеты, то «палласово железо», так же как кимберлиты и оливиновые бомбы, должно отражать строение планетных глубин. Конечно, это все предположения, но предположения увлекательные и в целом довольно правдоподобные. Об этом стоит подумать.

*Хрустали разделяются на два главные рода, одни называются просто хрусталиами, а другие драгоценными камнями (с. 166).*

*Темным хрусталем, яко негодным и подлым, особливого звания не дано, потому что темноцветные каменья в числе драгоценных не почитаются (с. 172).*

*Берилл есть многоугольной, чисто зеленою впросинъ или на морскую зелень, зеладон называемую, цветом похожий камень, который в рассуждении крепости между драгоценными камнями последним почитается и в огне плавится (с. 187).*

Валерий. Минералогия. Пер. И. Шлаттера,  
СПб., 1763

Для берилла часто характерна голубовато-зеленая окраска, напоминающая цвет морской воды, так называемый аквамарин, его окраска вызвана примесью закисного железа. В отличие от аквамарина бериллом в ювелирном деле называют различные светлые бериллы других цветов — говорят о «желтом берилле», «розовом берилле» и т. д. Однако эти бериллы имеют и специальные названия.

Кристаллы берилла иногда достигают весьма больших размеров. Так, в Бразилии, на р. Мукури, близ Марамбайа, 28 марта 1910 г. был найден зеленовато-голубой обломанный кристалл размером 48,3 см в длину и 41 см в попечнике, весом 110,2 кг. Кристалл этот был совершенно прозрачен (рис. 6). Позднее здесь же был найден кристалл 22×14 см, весом 5,4 кг. Академик А. Е. Ферсман указывал, что в пегматитовых жилах штата Коннектикут (США) описаны бериллы длиной в  $6\frac{1}{2}$  футов (около 2 м), а в провинции Галисия в Испании из кристаллов берилла делали косяки для дверей. На Мадагаскаре находили розовые морганиты, из которых получали ограненные камни весом свыше 500 карат.

Пользующиеся мировой известностью пегматиты в районе дер. Мурзинка на Северном Урале описаны в книге при рассмотрении топаза. Здесь интересно привести цитату из книги о драгоценных камнях, написанной А. Ушаковым в 1862 г. Описание А. Ушакова очень хорошо передает отношение того времени к драгоценному камню. Он пишет: «В деревнях Мурзинке и в Шайтанке в 100 верстах [106 км] от Екатеринбурга находятся бериллы высокого достоинства. Берилл из первого месторождения имеет по большей части винно-желтый, зеленоватый и синеватый (аквамарин) цвет, а берилл из Шайтанки или совершенно бесцветен или уже окрашен в бледно-розовый цвет; в музее Горного института имеется

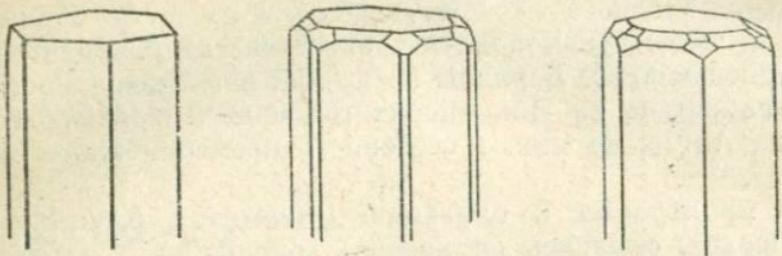


Рис. 6. Формы кристаллов берилла

из окрестностей Мурзинки совершенно прозрачный желто-вато-зеленый берилл, который  $5\frac{1}{2}$  вершков [24,4 см] в длину и  $6\frac{1}{2}$  вершков [28,9 см] в ширину; этот замечательный кристалл весит 6 фунтов 11 золотников [2,5 кг] и оценен в 42 830 р. От себя добавим, что добыт этот кристалл 19 ноября 1828 года в 3 верстах [ $\sim 3$  км] от деревни Алабашки на глубине 4 сажень [8,5 м] в так называемой Старцевой яме. В дальнейшем эта яма не дала очень крупных хороших кристаллов».

Общее количество добытых на Урале кристаллов берилла оценить довольно трудно, но указывается, что на одном только Адуйском прииске (расположенном южнее Мурзинки) в 1900 г. было добыто много кристаллов размером в 4 вершка (18 см), а кристаллов в 3 вершка (13 см) — более 700.

История освоения района насчитывает уже почти 350 лет. Так, в 1640 г. был заложен Мурзинский острог, а уже в 1668 г. Михаил Тумашев объявил о находке: «в горах над р. Нейвой поблизости Мурзинского острога цветные камни и медную руду». В 1669 г. около Мурзинки был добыт первый аквамарин. Дальнейшая добыча шла с переменным успехом, изредка на долю старателей, добывающих камень, выпадал большой успех. Удавалось находить или очень ценные камни, как в 1898 г., или заорыш с большим количеством хороших кристаллов, как на Адуе в 1900 г.

Из других районов добычи прозрачной разновидности берилла — аквамарина в нашей стране большой известностью пользовалось Забайкалье, где на Шерловой Горе и у Адун-Чолона добыча камней известна была уже в 1723 г.

В 1766 г. эти копи были описаны учеными, участвовавшими в экспедициях, организованных Российской Ака-

демией наук. Представляется интересным еще раз процитировать Ушакова: «очень хорошего качества бериллы находятся в Адун-Чолоне и в окрестностях р. Урульги в Нерчинском крае. Бериллы из других пегматитов России, как, например, из Ильменских гор и из Тигрецких белков на Алтае, не имеют особенного промышленного значения».

В примечании к описанию пегматитов Адун-Чолон А. Ушаков, ссылаясь на некоего «господина Кулибина», пишет, что «самая изобильная добыча прекрасных бериллов в этом месте была в 1796 г., в котором одних годных на обделку камней было добыто более пяти пудов (более 80 кг)».

Заслуживают упоминания жилы пегматита с аквамарином и желтыми бериллами, расположенные на Украине. Месторождение это открыто уже в советское время украинскими минералогами. Еще в 1920 г. А. Е. Ферсман писал, что «под большим сомнением стоит старое указание на мелкие кристаллы берилла в сиените и лабрадоре». Этот район оказался районом очень своеобразных пегматитовых жил, которые получили название камерных пегматитов. Гранит, с которым связаны пегматитовые жилы, внедрился в ранее образовавшийся габбро-лабрадорит, местами залягая под ним. Газы, выделявшиеся при застывании гранитов, не могли пройти через габбро и сохранились в гранитах в виде крупных пустот — «шузырей», в центре которых выделились хорошо образованные кристаллы более поздних минералов. Здесь встречались уникальные по величине кристаллы топаза и аквамарина, вес которых достигал 15 кг. К счастью, А. Е. Ферсман оказался в этом случае плохим пророком.

В связи с этими пегматитами хочется остановиться еще на одном моменте. Украинские пегматитовые жилы в верхней своей части попали в область развития древней коры выветривания, о которой неоднократно упоминалось. Полевые шпаты гранита и слюда здесь целиком перешли в глину (каолин). Все железные минералы перешли в бурый железняк. К растворам, которые вызывали выветривание, оказались небезразличны и драгоценные бериллы и топаз. Оба эти минерала «обсосаны» и частично (а иногда и целиком) растворены. Вид у них примерно такой, как у куска сахара, вынутого из горячего чая. На поверхности кристаллов имеются многочисленные углубления, а иногда и каналы, проходящие через весь кристалл. Но несмотря на растворение кристаллов с по-

верхности, украинские бериллы совершенно замечательны, они изумительно прозрачны и красиво окрашены. Все «грязные» и трещиноватые участки кристаллов растворились при выветривании; остались только чистые, хорошо образованные участки.

## ИЗУМРУД

*Изумрудом называется ярко-зеленый прозрачный берилл, алюмосиликат редкого легкого металла — бериллия [Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>(SiO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>], окрашенный хромом. Его кристаллы представляют собой красивые шестигранные призмы, иногда с очень сложной головкой. По своей ценности изумруд в хороших образцах уступает только алмазу и иногда хорошим рубинам. Месторождения изумруда во времена египетских фараонов разрабатывались в Аравийской пустыне, а в доколумбовое время — в Америке. В начале XIX столетия были открыты месторождения Урала, а в XX веке — в Южной Африке, Южной Родезии (ныне Зимбабве), Индии и Бразилии.*

Из современного учебника минералогии

*Народы в долине Манте, в Перу, обожали большой изумруд в виде страусова яйца под именем Богини Изумрудной и показывали оной только в торжественные дни. Индейцы со всех сторон собирались видеть сей обожаемый ими камень и приносили оному в дар мелькие изумруды, яко дщерей сей мнимой их богини. Испанцы по завладении Перу нашли всех сих дщерей, кроме большого помянутого изумруда.*

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, кн. I, с. 332

*Нет цвета, который бы был приятнее для глаз, чем цвет смарагда (изумруда). Ибо мы с удовольствием смотрим также на зеленую траву и листья древесное, а на смарагды тем охотнее, что в сравнении с ним никакая вещь зеленее не зеленеет. Сверх того, они только одни из драгоценных камней, кои при взирании на них удовлетворят глаза, но не пересыщаются... Они не переменяются ни на солнце, ни в тени, ни при светильниках, и всегда превосходны, всегда блестящи...*

*Смарагдов есть двенадцать родов. Знатнейшие суть скифские, названные так по тому народу, у коего находятся. Ближайшую похвалу так и место пребывание имеют бактрийские... но пишут, что сии гораздо мельче скифских. Третье место занимают египетские, кои в окрестностях города Конга в Фивской области выкапываются в скалах из утесов. Прочие роды находятся в медных рудниках.*

Кай Плиний Секунд. Естественная история ископаемых тел, Пер. В. Севергина. СПб., 1819

Наиболее древними месторождениями изумрудов считаются месторождения Египта, расположенные в Аравийской пустыне, на водоразделе между Нилом и Красным морем.

Эти месторождения были открыты еще при первых фараонах, и, видимо, именно отсюда поступал камень, находимый в египетских захоронениях, датируемых 3 тыс. лет до н. э. Интенсивная разработка этих месторождений велась при Птоломеях (305—30 г. до н. э.) и несколько позднее. Затем эти месторождения были заброшены, а к началу XIX в. и утеряны. Высказывались даже сомнения в существовании этих рудников. Предполагается, без особых, впрочем, на то оснований, что заброшены эти копи были в конце XVI в., когда в Европу поступили большие партии колумбийского изумруда, захваченного конкистадорами у индейцев.

Только в 1816—1817 гг. золотых дел мастер из Нанта, француз, любитель камня Кайо вновь открыл эти копи. На горе Джебел Забара, в 200 км от Нила и в 35 км от Красного моря, им было найдено около 40 шахт; некоторые шли на глубину до 800 футов (240 м). Собрав здесь изумруды, которые залегали в слюдите, Кайо вернулся в Каир и предъявил камни египетскому правительству. Ему были даны рабочие и поручено организовать систематическую добычу камня. Из-за страшной жары и отсутствия воды добычу организовать не удалось, но Кайо нашел еще одно место старых работ на горе Джебел Сикет, где были остатки более 1000 шахт и развалины города, в котором было не менее 500 домов. Кое-где в городе сохранились греческие надписи. До сих пор эти месторождения, видимо, не разрабатываются.

Камень, получаемый отсюда, был мало прозрачным, трещиноватым и светлоокрашенным.

О геологии этого района имеются скучные сведения; известно, что в районе развита гранито-гнейсовая толща, среди которой встречаются ультрабазиты и пегматиты. Кроме того, встречаются здесь биотитовые и флогопитовые слюдиты, содержащие иногда актинолитовую роговую обманку и тальковые сланцы. Изумруды встречаются только в слюдитах. Старые разработки приурочены также только к слюдитам. Мне посчастливилось повидать образцы изумруда из этих месторождений Египта. Мелкие кристаллики изумруда залегали по границе биотитового слюдита и небольшой пегматитовой жилы. Все это

весьма напоминает хорошо изученные месторождения Урала; видимо, это однотипные месторождения.

Второй группой месторождений изумруда, которая стала поставщиком драгоценного камня в Европу, были месторождения Колумбии. Они дали очень большое количество драгоценного камня, но геологическое строение их до недавнего времени не было ясным, и только в последние годы появились хорошие описания.

В начале 70-х годов эти месторождения посетил крупный советский минералог А. А. Беус, написавший очень интересную книгу о своих путешествиях \*.

Месторождения изумруда разрабатывались в Колумбии индейцами еще до завоевания Америки испанцами. Как известно, Хименес Кесада — завоеватель Центральной Колумбии — 12 марта 1537 г. впервые увидел изумруд у захваченного в плен индейца. Направленный Кесадой на поиски изумрудов капитан Педро Фердинандес де Валенсуэла добрался до района Чивор и будто бы принес своему командиру образцы изумруда. Однако это открытие еще не было началом разработок. Эксплуатация началась только после открытия испанцами месторождения изумрудов Музо. В этом открытии, по А. А. Беусу, много неясного. По наиболее вероятной версии, наместник короля Испании Карла V в Колумбии де Лейва 1 января 1564 г. сообщил из города Санта-Фе-де-Богота, что в 30 лигах (примерно 165 км) от этого города «с божьей помощью» в поселке Ла-Тринидад провинции Музо были открыты копи изумрудов.

Проникновение на территорию, богатую изумрудами, оказалось очень трудным из-за крайне пересеченной местности и яростного сопротивления индейцев. Индейцы, вооруженные луками, разили пришельцев отравленными стрелами, и попытки захвата их земель стоили жизни многим испанцам. Для овладения землями, содержащими месторождения изумрудов, де Лейва посыпает в трехмесячную экспедицию в провинцию Музо опытного открывателя и завоевателя капитана Хуана де Пенагоса, способного вести переговоры с целью овладения землями, на которых были открыты месторождения драгоценных камней.

Но и после формального покорения индейцы Музо неоднократно восставали и нападали на рудники изумру-

\* А. А. Беус. Далекие хребты Кордильер. М.: Мысль, 1976. 140 с.

дов, находившиеся во владении испанцев. За всю четырехсотлетнюю историю этот район никогда не был свободным от войны.

Копи Чивор разрабатывались испанцами до 1675 г., а потом были заброшены и утеряны, и только в 1886 г. колумбийский горный инженер Френциско Рестрепо по архивным документам конкистадоров установил, что рудник Чивор был расположен в таком месте внешнего хребта Восточных Кордильер, из которого можно ясно видеть заросшие лесом равнины бассейна р. Ориноко, и на этом основании начал поиски. Там он обнаружил остатки акведука, который привел его отряд на вершину хребта. Здесь и оказались потерянные копи.

Месторождения изумрудов Колумбии группируются в виде широкой полосы, пересекающей хребты Восточных Кордильер в северо-западном направлении, но общая площадь этой полосы не ясна. Самыми богатыми участками являются участки Музо в центре полосы и Чивор — на ее крайнем юге. Небольшое количество изумрудов добывалось в различных точках изумрудоносного района. Более крупными из этих точек являются месторождения Коисуэс и Пенья-Бланка к северу от Музо.

Геологическое строение колумбийских месторождений, несмотря на интенсивную их разработку, освещено в литературе очень мало. И хотя их резкое отличие от месторождений Урала отмечалось давно, детали геологического строения месторождений были не очень ясны. В этом смысле исследования А. Беуса оказались крайне полезными. Они отчетливо показали, что главное месторождение изумрудов — район Музо — весьма специфичен. Основу района слагают нижнемеловые углисто-глинистые сланцы (формация Виллето), слабо метаморфизованные и поэтому сильно пачкающиеся. Продуктивные слои, капас-буэно (хорошие слои), практически почти не отличимы от непродуктивных (камбиадо — другие). Указывается только наличие в продуктивных сланцах альбита. По мнению А. Беуса, продуктивные слои приурочены к зонам разлома, по которым могли протекать вызывавшие минерализацию растворы.

Изумруд приурочен к кальцитовым жилкам, весьма обильным в продуктивной толще. Кроме изумруда и кальцита, в жилах встречается пирит и редко — другие минералы. Палеотемпературные измерения (по гомогенизации включений) показали, что наиболее вероятная температура образования изумруда в Музо составляет  $280-380^{\circ}$ ,

т. е. растворы, давшие начало месторождениям, по геологическим масштабам были не очень горячими.

Наиболее богатым в районе Музо в момент посещения его А. Беусом был карьер Текуэндама, представляющий собой крутой, почти стометровый обрыв, сложенный черной, как сажа, сланцеватой породой, пересеченной сетью тонких жилок и прожилок кальцита. Старатели работают в карьере без технического руководства, поскольку не беспокоясь о системе разработки. Во многих участках карьера возможны обвалы, угрожающие жизни горняков.

Среди добываемого камня различают эсмеральду — ювелирный камень высшего класса и морайя — изумрудная зелень — низкокачественный материал. Местные специалисты считают, что для добычи 1 карата морайя надо переработать около 1 м<sup>3</sup> сланца, но для получения 1 карата эсмеральды нужно переработать около 12 м<sup>3</sup> сланца.

Рудник Чивор, хорошо описанный в последние годы американцем Джонсоном, сложен такими же нижнемеловыми сланцами (формация Кокуэзо), что и Музо, но более пестрыми по составу. Глинистые черные и желтые сланцы переслаиваются с черными известняками и белыми и розовыми аргиллитами. Среди сланцев выделяются три горизонтально залегающих слоя (?) — «железные пояса», содержащие пирит или гетитовые (буро-железняковые) псевдоморфозы по пириту. Что это такое, Джонсон (не геолог, а просто любитель камня, посетивший это месторождение) не знает, возможно, что это минерализованные зоны дробления. Продуктивные слои залегают между «железными поясами» или вблизи них, удаляясь не более чем на 50 м. В продуктивных сланцах, как и в «железных поясах», отмечается присутствие альбита. Изумрудоносные жилы секут сланцы во всех направлениях, однако в отличие от Музо, в кальцитовых жилах изумруда нет. Изумруд содержит пиритовые и альбитовые жилы или жилы, в которых присутствуют эти минералы. Лучшие камни в месторождении встречаются в карманах, иногда ассоциирующих с жилами, находящимися в сланцах. Карманы могут быть полыми или выполнены альбитом, пиритом или гетитом. Лучшие камни встречались именно свободными, в пустоте.

Кальцит, хотя и обычен в Чиворе, образует местами с пиритом очень красивые штуфы, но изумруд с кальцитом никогда не встречается. Джонсон отмечает, что ни

изверженных пород, ни пегматитовых жил в районе месторождения Чивор нет.

Остается только сожалеть, что научных исследований изумрудных месторождений Колумбии нет. Важно здесь все — и изучение характера вмещающих пород, и выяснение причин различия между Чивором и Музо, и, конечно, поиски источников берилля и хрома. Не верится, что Колумбия — единственный район, где встречаются такие низкотемпературные изумруды. Хорошо бы их поискать в других местах, но где — пока не ясно.

Огромная стоимость изумруда приводит к тому, что на колумбийских месторождениях, как и на многих месторождениях драгоценных камней в капиталистических странах, широко развит гангстеризм. В 1965 г. на заседании Международной ассоциации по изучению глин, которое происходило в городе Иерусалиме, мне пришлось встретиться с молодым голландским геологом, который сообщил, что прибыл из Колумбии, где вел широкие геологические исследования. Меня заинтересовало, не был ли он на изумрудных копях Музо. Хотелось знать, что они собой представляют, так как в литературе о них не было даже тех сведений, которые сообщены выше. Мой вопрос испугал собеседника: «Что вы, что вы, туда же нельзя и пытаться попасть. Копи захвачены полугангстерской компанией, которая ведет добычу достаточно скрыто, не показывая ни точных ее объемов, ни масштабов месторождения. Компания очень боится геологов, которые могли бы оценить размеры разработок и запасы месторождения. Несколько геологов, желавших проникнуть на месторождение, были убиты на дороге».

В своей статье, опубликованной в 1973 г., я передал этот разговор, а через несколько лет, во время очередной встречи профессор А. А. Беус сказал: «А знаете, я был в Музо». Я изумился. «Да что вы, туда, говорят, нельзя попасть!» — «Нет, ничего подобного. Я как представитель ЮНЕСКО и вместе со мной главный геолог Правительственного управления геологии Колумбии посетили Музо, и, как видите, все благополучно». Мы разошлись. Однако при одной из последующих встреч Беус задержал меня. «А ведь вы были правы. В моего спутника по экскурсии в Музо стреляли и тяжело ранили». Вот как эту историю после описывает А. А. Беус в своей книге\*. «Уже месяца через два после отъезда из Колумбии я получил

\* Там же, с. 113.

длинный конверт с колумбийской маркой. Из конверта выпала газетная вырезка с заметкой: „В пятницу, в 2 ч 40 мин утра, вблизи Музо на участке дороги, называемом „дуга смерти“, майор полиции Заиме Нуэль и сеньор Хосе Родригас были убиты из засады автоматной очередью торговцами самоцветами. Геолог-администратор рудника Музо Корнелио Торрес, получивший несколько ранений, в том числе в живот, медленно выздоравливает». Очевидно, престиж ЮНЕСКО был так велик, что гангстеры не решились поднять на Беуса и его спутника оружие тогда, чтобы не вызвать международного конфликта. Автор сообщает также, что в 1973 г. район копей был взят под надзор армии, и с этого года вся добыча изумруда ведется под контролем армии.

В своем описании путешествия на изумрудные копи Колумбии А. Беус много пишет и о «пеблагополучии» на руднике, которое ему пришлось наблюдать: «Ни для кого не является секретом, что более 90% добываемых в Колумбии изумрудов вывозятся контрабандой из страны, преимущественно в США». И далее: «В этой стране в течение многих лет действует преступный международный синдикат, который полностью монополизировал сбыт изумрудов, добываемых местными старателями-вакеро в бесчисленных рудничках и закопушках. Вся система контрабандного бизнеса держится на обмане вакеро. Следующая за вакеро ступень контрабандной лестницы составлена из перекупщиков, именуемых по местному эсмеральдеро, которые поставляют изумруды, купленные за бесценок у старателей, в Боготу. Это наиболее опасная ступень изумрудного бизнеса монополизирована несколькими «семьями», которые связывают центры перекупки изумрудов в городах Музо и Пенья-Бланка с местами секретных встреч перекупщиков с представителями следующей ступени контрабандной лестницы, переправляющими изумруды за границу. Эсмеральдеро поддерживают строгую дисциплину среди старателей давно проверенным способом «с помощью пистолета».

Интересно все-таки, сумеет ли армия навести порядок на изумрудных копях Колумбии\*.

---

\* В 1982 г. была опубликована составленная в США статистика добычи изумрудов в Колумбии за 1979 г. В ней указано, что государственная продажа изумрудов достигает примерно около 200 млн. долл., но автор указывает, что государственная продажа составила не более 40% всей добычи.

Лучше других изучены уральские Изумрудные копи, давшие много прекрасных камней. Они были открыты в 1831 г., и тогда же была начата их разработка. В ряде работ высказывалось даже предположение, что уральские Изумрудные копи были именно тем месторождением, откуда в древний мир поступали скифские и бактрийские изумруды, упоминаемые Плинием Младшим. Но известный профессор Арцруни (армянин по национальности, преподававший в Германии) проводил специальное исследование, в котором сравнивал изумруды из древних украшений и изумруды Урала, и показал их различие. К тому же никаких старых разработок на уральских Изумрудных копях найдено не было.

Об открытии уральских Изумрудных копей сообщается в очень красочном донесении начальника Екатеринбургской гранильной фабрики, оно приведено в книге А. Е. Ферсмана и широко известно. Здесь интереснее привести менее известное сообщение местного старожила\*: «Был у нас тут наш белоярский крестьянин Максимко Кожевников. Парень дошлый, смотрел все, где как порубка откроется, да пни появятся, он их выкорчевывал, да смолу гнал. Как-то зашел Максимко за пнями на правый берег Токовой, что падает в Рефть, да меж корней сушины, вывороченной бурей, напал на струганцы (кристаллы), да самоцветные, как есть тумпасы. Огаркнул он сотоварищей, показал им самоцветы. Подивились они, порылись тут еще, да порешили, что как поедут в город показать их там, а если гожи, то и продать. Так и сделали. Да проведал об этих камнях управитель гранильной фабрики, что в городе жил; доставили их к нему, а он-то вертел и смотрел их, точить давал, да и признал, что этот камень дорого стоит. А земля эта казенная, да в ту пору по закону никто в ней не мог добывать самоцветный камень, окромя что казна. Управитель послал за Максимкой, да вместе с ним и рабочими поехали на Токовую смотреть место, где найдены камни. Вырыли тут ямины, шурфы на пробу, встретился им сланец, что со слюдой; стали его пробивать, а в нем струганцы и сидят. Камни нашли златные. Управитель их забрал да в Питер и отправился. С той поры работы и начались».

Изумрудные копи Урала расположены несколько се-

\* М. И. Пыляев. Драгоценные камни, их свойства, местонахождение и употребление. СПб., 1888, с. 245.

вернее г. Асбеста, на протяжении той же полосы ультрабазитов, с которыми связаны Баженовские асбестовые месторождения. Наиболее подробное изучение этих месторождений предприято было в 20-х годах нынешнего века академиком А. Е. Ферсманом, который дал очень содержательное описание этих копей, впоследствии уточненное и дополненное К. А. Власовым. Ко времени начала работы А. Е. Ферсмана минералогическая природа изумруда была уже вполне изучена и уверенно доказано, что зеленый цвет изумруда связан с растворением хрома в минерале берилле. Правда, хрома здесь немного, но все-таки он есть. Именно это сочетание берилля и хрома в одном минерале представляло тогда главную трудность в понимании происхождения этого минерала.

Как раз в начале 20-х годов в нашей стране академиком В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом, который был другом и учеником В. И. Вернадского, были заложены начала новой дисциплины — геохимии, рассматривающей распространенность различных элементов в разных геологических условиях. Одним из первых твердо установленных геохимических законов было то, что в природе некоторые элементы распространены строго закономерно. Так, с гранитами связаны такие элементы, как фтор, вольфрам, олово, редкие щелочи и особенно бериллий. Собственно в самих гранитных породах этих элементов очень мало, но при остывании гранитной магмы и ее кристаллизации эти элементы накапливаются в последних порциях расплава и выделяются или в пегматитовых жилах, если эти летучие вещества не могут уйти из области кристаллизации, или в измененных породах — апограницах или грязенях, замещая по пути своего движения ранее существовавшие минералы.

Второй группой строго специализированных элементов являются такие элементы, как никель, кобальт, платина, палладий и хром, которые теснейшим образом связаны с бедными кремнекислотой ультрабазитовыми породами.

Своеобразие изумрудса заключается в этом смысле в его полной «противозаконности»: в нем сочетается бериллий — типичный элемент гранитоидов — с хромом — типичным элементом ультрабазитов.

Исследования А. Е. Ферсмана на Изумрудных копях Урала позволили показать причину такого сочетания. Он установил, что минерализация этих копей образовалась в результате внедрения относительно более молодой гранитной магмы в ранее существовавшие ультрабазито-

вые массивы. Гранит, который внедрился сюда, является, видимо, ответвлением от развитого к северу массива, с которым связаны многочисленные пегматитовые жилы Мурзинско-Адуйской полосы. Это может свидетельствовать о том, что гранитная магма, внедрившаяся в район Изумрудных копей, была довольно богата летучими веществами вообще и бериллием в частности.

Предположив внедрение гранитной магмы в ультрабазиты, А. Е. Ферсман должен был здесь впервые выяснить контактную зональность, возникшую в таких контактах. Тщательное исследование ряда разрезов позволило ему определить, что в результате внедрения гранита вокруг него в ультрабазите возникает следующий реакционный ряд:

- 1) пегматит или гранит;
- 2) биотитовый слюдит (мощность до 1,5 м);
- 3) хлоритово-актинолитовая зона (до 1,0 м);
- 4) тальковый сланец (до 3 м);
- 5) неизмененный ультрабазит.

Три промежуточные зоны (2, 3, 4-я) возникают в результате взаимодействия гранита и ультрабазита. Конечно, это очень грубая схема, в природе все много сложнее. Отдельные зоны делаются тоньше, а иногда и просто выпадают. Исчезает иногда и сама жила; от нее остаются только летучие вещества, создающие контактные зоны и т. д.

Если этот разрез, однако, сравнить с другими случаями контакта гранитоидов с ультрабазитами, то полное тождество всех контактных зон видно совершенно отчетливо.

Этот вопрос в той или иной мере рассматривается при описании месторождений нефрита и жадеита.

Взаимодействие гранитного расплава и ультрабазита объясняет и необычную геохимическую ассоциацию берилля с хромом — бериллий привнесен из гранита, а хром заимствован из ультрабазита. Крайне интересны также наблюдения А. Е. Ферсмана по распределению минералов в контактном поле. Минералы пегматитов, такие, как берилл, апатит, флюорит, встречаются либо в зоне магматической породы, либо в слюдите. Однако в том случае, когда берилл образует кристаллы среди минералов пегматитовой жилы, они бесцветны или имеют характер аквамарина, зеленый изумрудный цвет берилл приобретает только тогда, когда он кристаллизуется сре-

ди слюдита. Интересно отметить, что на месторождении многие факторы свидетельствуют о низкой температуре образования берилла. В известной мере это сближает уральский и колумбийский типы месторождений изумрудов.

Присутствие хрома только в бериллах в слюдитах однозначно показывает, что в формировании зоны слюдита участвовали как гранитный, так и ультрабазитовый материал. Менее ясен механизм этого образования. По А. Е. Ферсману, внедрившийся в ультрабазит гранитный расплав, обогащенный летучими веществами (Ферсман называет его пегматитовым), интенсивно растворял вещество ультрабазита и активно прогревал ближайшие контакты. За счет расплава, обогащенного веществом ультрабазита, кристаллизовалась слюда, возникла зона слюдита, внутри которой может остаться участок почти неизмененного расплава, закристаллизовавшегося в форме гранита или расплава, обедненного кремниекислотой в форме бескварцевой породы — плагиоклазита. За счет прогретых пород, в которые растворы еще привносили кремниекислоту, образовались зоны амфибола и талька.

Позднее были высказаны предположения, что контактные зоны образовались после застывания пегматитовой жилы; на жилу и на вмещающий ее ультрабазит действовали растворы, которые вызывали их перекристаллизацию и переносили вещество жилы в ультрабазит и обратно. Высказывались и очень неясные представления. Так, один молодой исследователь недавно написал, что изумрудоносные слюдиты «являются слюдитами фации грейзенов». Признаться, трудно понять отличие этого «нового» взгляда от «старого». Грейзенизация, тем более грейзены, содержащие флюорит и берилл, обусловливаются воздействием остаточных растворов, богатых летучими, на ту или иную ранее существовавшую породу. Здесь, в Изумрудных копях, и по А. Е. Ферсману, настоящих пегматитов нет, есть только некоторые реликты гранита, обогащенные летучими, и их воздействие на ультрабазит. Так в чем же разница? Не ясно. Но всякий спор в науке открывает новые факты и идет обычно на пользу истине, вероятно, и этот спор в конечном итоге принесет пользу.

Методы добычи изумрудов в царской России мало отличались от подобных же работ в других капиталистических странах; они очень красочно описаны в нашей

литературе\*. Некто Малахов, посетивший Изумрудные копи в 1884 г., так описывает их: «Человек двадцать ко-  
ношилось в яме, которая была еще не глубока. Одни из  
них откалывали при помощи кайлы и лома синеватую  
породу — слюдистый сланец, содержащий в себе цветные  
камни. Другие рабочие ее перевозят, а треты очищают.  
Эта порода, особенно только что отбитая, богатая влагой,  
довольно легко раскрашивается, даже при помощи рук,  
вследствие чего при некоторой осторожности легко извлечь  
из нее, нисколько не попортив, кристаллы изумрудов,  
бериллов и других минералов. Только что отколотая  
порода складывается в ручные тележки или тачки и  
перевозится на площадку к амбару, где и производится  
ее разборка. Отделив от кристалла или щетки, как па-  
зывают сросток из нескольких кристаллов, излишний сланец,  
кладут их осторожно в мешки и переносят в амбар.  
Цветные камни, по словам рабочих, нельзя тотчас же  
очищать, надо дать им обсохнуть, а то часто кристаллы  
покрываются трещинами, через что теряют свою цен-  
ность».

Кроме официальных работ, по свидетельству того же  
Малахова (с. 249), велась и незаконная добыча.

Описание Изумрудных копей Урала, выполненное  
А. Е. Ферсманом, было очень интересным, четким, удиви-  
тельно просто и хорошо объясняющим все стороны образ-  
ования изумруда. Это описание привлекло к себе внима-  
ние исследователей, изучающих драгоценный камень за  
рубежом. Изумруд стали целеустремленно искать в кон-  
тактах между гранитными пегматитовыми жилами и  
ультрабазитами. После опубликования работ А. Е. Ферс-  
мана были открыты изумрудные месторождения в Юж-  
ной Африке (ЮАР), в Зимбабве и в Индии. Все эти  
месторождения по генезису весьма близки к месторож-  
дению Урала.

Опишем некоторые из этих открытых.

В Южной Африке изумруды были найдены в 1927 г.  
Район, где обнаружены месторождения, расположен на  
южном склоне хребта Мурчисон, на слабовсхолмленной  
равнине, геологическую основу которой составляет древ-  
няя архейская система свазиленд, в состав которой вхо-  
дит толща гранитов, гнейсов, амфиболитов и железистых  
кварцитов. К этой толще приурочены многочисленные  
пегматиты. Изумруды приурочены к слюдитам, окружаю-  
щим пегматиты. Первым был открыт рудник Сомерсет,

\* Там же, с. 251.

расположенный в 12 милях к восток-северо-востоку от станции Гравелот. Позднее в этом же районе были открыты рудник Кобра и рудник близ самой станции. Однако Сомерсет, видимо, до сих пор является самым крупным. Количество добываемого в Африке изумруда не ясно, указывается только, что в 1936 г. здесь добыто 14 081 карат изумруда.

Изумруд в Индии был определен в 1944 г. Др. Х. Крукшанком по образцам, добытым сотрудником геологического управления Багчанда Сони в процессе расширения добычи слюды и берилла в военные годы. Позднее были открыты и коренные месторождения, образующие большую полосу в юго-западном Раджастане, протягивающуюся от г. Аджмира к юго-юго-западу. Наиболее крупное месторождение Бубани расположено несколько северо-восточнее этого города. Немного юго-западнее от города расположено месторождение Раджар, а еще юго-западнее, уже в районе г. Мевара, расположено несколько более мелких месторождений: Канигуман, Теки и Гум-Гура.

Все эти месторождения приурочены к сильнодислоцированной зоне в местных докембрийских отложениях, по границе между породами «системы Дели» и более древними породами «Аравали». В зоне разлома выходят отдельные участки ультрабазита и встречаются многочисленные пегматитовые жилы и жилы турмалиновых гранитов. Предполагается, что это более молодые «постделийские» образования, связанные с расположенным в этом же районе гранитом Эринпур. Крайне интересно, что с гранитом Эринпур связана многие пегматитовые жилы, содержащие берилл.

В районе месторождений с пегматитами ассоциируют биотитовые и мусковитовые сланцы, актинолитовые и треполитовые породы, а также тальковые сланцы. К сожалению, имеющиеся зарисовки весьма нечетки, и установить последовательность реакционных зон не удается. Отмечается, что изумруд встречается только в слюдяных сланцах. В пегматитах встречается только неокрашенный берилл. Специально отмечается большое сходство всех месторождений района.

Сильно затрудняет изучение и понимание процессов изумрудообразования в Индии выветривание, наложенное на все месторождения. Отмечается сильная каолинизация полевых шпатов и вермикулитизация биотита. Первые работы в районе велись именно для изучения ресурсов вермикулита. Количество добываемых изумрудов не очень

ясно; указывается, что в 1945–1947 гг. в Индии добывалось более 900 фунтов изумрудов в год. Сколько здесь было ювелирного изумруда, неизвестно. Изумруды на руднике подвергаются грубой сортировке, очищаются в кислотах и щелочах, покрываются слоем жира и поступают на аукцион в Джайпур.

Последней по времени интереснейшей находкой, хотя и имеющей только минералогическое значение, была находка в 1971 г. изумруда на Украине. Здесь среди тремолитовых и тремолит-актинолитовых сланцев — продуктов метаморфизма ультрабазитов — встречена жила хорошо дифференцированных альбитовых пегматитов. Вокруг пегматита развивается биотит-флогопитовая оторочка мощностью 15–20 см с раздувами до 30–50 см. Кристаллы ярко-зеленого изумруда размером до 1,5–2,0 см встречаются в слюдитовой оторочке. Окраска вызвана присутствием в изумруде некоторого количества хрома, определенного химически. В самих пегматитах присутствуют слабо окрашенные бериллы, содержащие, как и местный изумруд, довольно много щелочей.

Изумруд — интереснейший драгоценный камень. Особый интерес в том, что в этом минерале ассоциируют геохимически резко отличные элементы: хром — типичный элемент ультрабазита и берилл — не менее типичный элемент кислых пород. Условия, в которых возможно соединение этих геохимически несовместимых элементов, были блестяще расшифрованы А. Е. Ферсманом, и сейчас можно видеть, что многие изумрудные месторождения мира — Индия, Южная Африка, Египет и Украина, а также очень маленькое месторождение Хабахталь в Альпах, о котором не упоминалось, — имеют совершенно такой же характер, как и уральские Изумрудные копи, и образовались при контактном воздействии гранита на ультрабазит.

В свете этих результатов особенно интересна природа колумбийских месторождений. Пока совершенно не ясно, откуда в эти месторождения поступали бериллий и хром и каким образом в жилах кальцита среди сланцев могли возникнуть кристаллы берилла, содержащего хром. До сих пор синтез изумруда ведется в условиях высоких температур и давлений. Для колумбийских месторождений, однако, можно предположить рост кристаллов берилла при значительно более низких параметрах. Очевидно, в этом направлении следует вести дальнейшие интенсивные исследовательские работы по синтезу изумруда.

Хотелось бы, чтобы читатель, рассматривая изумруд, видел в нем не только драгоценный камень огромной цены, но и интереснейшее и редчайшее природное явление, а также помнил о большом достижении нашей науки, сумевшей объяснить загадку изумруда и дать в руки исследователей возможность новых интересных открытий.

## ХРИЗОБЕРИЛЛ И ФЕНАКИТ

Хризоберилл ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ) и фенакит ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ ) являются берилловыми минералами, встречающимися обычно вместе с бериллом, но весьма редкими, так как образуются первый в условиях резкого дефицита кремнезема, а второй при отсутствии глиноzemа. К хризобериллу относятся: александрит и восточный кошачий глаз. Фенакит по составу напоминает хризолит. Он бывает бесцветным, розоватым или красноватым (самый редкий).

Из современного учебника минералогии

Хризоберилл. Вставки из александрита очень редки по причине малого количества годных для отшлифовки кристаллов, т. е. чистых и прозрачных. Безукоризненно хорошие кристаллы составляют величайшую редкость, а если и встречаются, то совершенно прозрачная часть камня обыкновенно не превышает одного карата весом. Травяно-зеленого и оливково-зеленого цвета хризоберилл с голубоватым отливом привозится с острова Цейлона, так же из Бразилии и Моравии.

Пыляев М. И. Драгоценные камни. СПб., 1888,  
с. 77—79

Фенакит. От греческого слова *ρενας* — обманщик. Такой эпитет дан этому драгоценному камню по той причине, что его долго считали за кварц. Появление фенакита при отыскании изумрудов считается хорошим признаком, тогда как появление александрита служит неблагоприятным признаком. Между любителями драгоценных камней фенакиты считаются большой редкостью, а наши ювелиры не имеют о них почти никакого понятия.

Пыляев М. И. Драгоценные камни. СПб., 1888,  
с. 362—365

И хризоберилл, и фенакит — очень высоко ценимые драгоценные камни. Хотя они и уступают по цене лучшим изумрудам, рубинам и сапфирам, но все же относятся к числу самых дорогих камней. Особенно ценятся две разновидности хризоберилла. Первой является александрит — чисто русский камень, впервые открытый в знаменитых Изумрудных копях Урала и названный в честь Александра II, это тот самый камень, у которого «утро зеленое,

а вечер красный». Эта смена красок сначала казалась совершенно загадочной, и хотя сейчас точно известна причина этой смены, безусловно, и теперь она волнует воображение владельцев камня и привлекает к себе всеобщее внимание. Много раз приходилось видеть, как владелец александрита подносит кольцо с камнем то к электрической лампочке, то к окну, чтобы убедить собеседников в смене цвета.

В нынешнем веке месторождения александрита найдены и в других местах, в частности он описывается из россыпей Шри-Ланки, однако оказывается, что эти александриты хуже уральских. Видимо, встречаются они в некоторых местах в Бразилии.

Второй очень ценной разновидностью хризоберилла является «кошачий глаз», впрочем, лучше говорить о «восточном кошачьем глазе», поскольку название «кошачий глаз» применяется еще к ряду минералов, обладающих красивым шелковистым блеском в голубых и зеленых тонах. Особенной известностью, в частности, пользуются кварцевый кошачий глаз (чтобы не путать с хризобериллом лучше называть его «соколиным глазом») — это голубой роговообманковый асбест, прошитанный и скрепленный кварцем, поэтому он твердый и хорошо полируется. Кварцевый «кошачий (соколиный!) глаз» очень дешевый камень и в довольно большом количестве добывается вместе с ярко-желтым таким же шелковистым, переливающимся кварцевым «тигровым глазом» в Южной Африке.

«Восточный кошачий глаз» — хризоберилл — обычно полупрозрачный и обладает красивым зеленоватым, голубоватым или белым отливом, который особенно хорошо наблюдается у тех камней, которые обработаны кабошоном и вставлены в кольцо. Вызывается такой отлив (игра цвета), как и у «звездчатых» рубинов и сапфиров, включениями большого числа мелких игольчатых кристалликов, расположенных строго параллельно главным направлениям решетки кристалла-хозяина. У нас в Советском Союзе «восточный кошачий глаз» не найден. Хороший «кошачий глаз» встречается в Южной Индии, встречали его и в россыпях Шри-Ланки.

Александрит и фенакит найдены были примерно одновременно финским минералогом Н. Норденшильдом. Находка александрита произошла 17 апреля 1834 г., а фенакит раньше — в 1833 г. Обе находки сделаны в уральских Изумрудных копях. Конечно, у читателя воз-

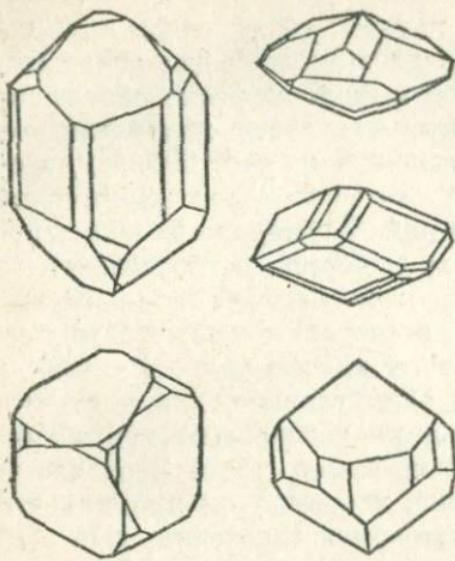
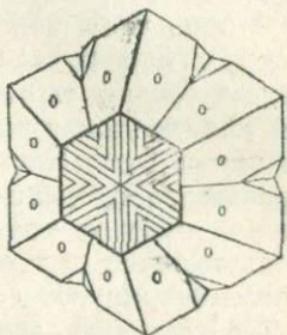


Рис. 7. Формы кристаллов фенакита

Рис. 8. Форма характерного тристигма кристаллов хризоберилла



никает вопрос, а почему в одном и том же месте встречаются изумруд, александрит и фенакит, три таких различных минерала. Отчасти ответ на это дает формула этих минералов. Наиболее распространен изумруд — окрашенный хромом берилл ( $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ). Реже встречается александрит — окрашенный хромом хризоберилл ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ), а фенакит ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ ) — самый редкий.

Прежде всего бросается в глаза, что все это минералы бериллия. Источником этого элемента являются, как уже говорилось при рассмотрении изумруда, пегматитовые жилы, которые здесь внедрялись в змеевики. Однако соотношение бериллия и других компонентов резко различно. В берилле входит и глинозем, и кремнезем, причем их довольно много (на один атом бериллия приходится два атома кремния и  $2/3$  атома алюминия), тогда как в фенаките алюминия нет совсем (на один атом бериллия приходится только пол-атома кремния), иначе говоря, фенакит может образоваться только там, где имеет место нехватка алюминия (рис. 7, 8). В хризоберилле — огромный избыток глинозема, т. е. для его образования необходима среда, исключительно богатая этим окислом.

Условия, господствующие в змеевике, в который внедрялись пегматитовые жилы, отвечают всем этим требованиям. Вокруг жилы возникает зона слюдитов, содержащая много кремния, глинозема и щелочей, поэтому здесь возникает берилл. За ней следуют зоны актинолита, талька и, наконец, серпентина; в этих зонах уже нет глинозема и

очень мало кремния — это самое благоприятное место для формирования фенакита, конечно, если сюда проникает бериллий. Сама жила, отдавая в змеевик для образования слюд и актинолита кремний и щелочи, резко обогащается глиноземом вплоть до того, что здесь кристаллизуется корунд (см. образование сапфира на стр. 60). Ну, а если в жиле есть бериллий, то возникает хризоберилл. К. А. Власов, исследовавший Изумрудные копи после Ферсмана, указывал, что хризоберилл встречается в зоне хлорита. Эта зона ближе к жиле, чем зона слюдита, и здесь больше глинозема, а следовательно, это то место, где может кристаллизоваться хризоберилл. Видимо, все это так и есть. Есть еще одно условие, для того чтобы образовался александрит, а не бесцветный хризоберилл: нужно, чтобы в хризоберилле вошел хром. Этот элемент очень типичен для змеевика, и отсюда он проникает и в берилл (изумруд), и в хризоберилл (александрит).

В Бразилии встречаются желтые или золотистые хризобериллы, а на Шри-Ланке — голубоватые, но это не александриты, они не меняют цвета, в них нет хрома.

Что же такое «восточный кошачий глаз» и почему он возникает? Как известно, он встречается в пегматитовых жилах, но ведь там много кремниевой кислоты и там должен был образоваться берилл!

В конце 70-х годов в Академии наук делал доклад один из молодых индийских геологов, изучавший полезные ископаемые Южной Индии. В числе других он рассказал и о месторождении «восточного кошачьего глаза». По его данным, этот драгоценный камень приурочен к пегматитовым жилам, секущим очень богатую глиноземом толщу силлиманитовых гнейсов (силиманит — это силикат алюминия, образующий тончайшие иголочки, их скопления, имеющие характер войлока, образуют прослойки и зоны среди других минералов гнейса — слюды и полевого шпата). Пегматитовые жилы по рисунку докладчика выглядели совершенно normally, их краевая зона сложена аплитом, далее идет зона крупнозернистых полевых шпатов, и в центре располагается кварцевый блок. При таком строении жилы совершенно непонятно, откуда здесь хризоберилл. Пришло спросить докладчика. «Каким образом у Вас в жилах возникает хризоберилл? Ведь у Вас много кварца и должен был бы «быть берилл!» «А здесь по соседству с кварцем и встречается берилл», — ответил докладчик и показал хотя и мелкие, но очень красивые и прозрачные кристаллики желтовато-

зеленого берилла. «Хризоберилл, однако, никогда не встречается вместе с кварцем. Он образует только включения в полевом шпате, недалеко от краев жилы, и, знаете, — добавил индийский геолог, — берилл всегда образует очень хорошо сформированные кристаллы, а хризоберилл никогда не дает кристаллов, это всегда обсосанные, растворенные по краям зерна».

После этого ответа все стало ясно и все нашло свое место. Очевидно, на первых этапах образования пегматитовых жил на силлиманитовые гнейсы действовали растворы или расплавы, содержащие некоторое количество бериллия. За счет этого бериллия и глинозема гнейсов, как отмечалось, бедных кремниевой кислотой и очень богатых глиноземом, кристаллизовался хризоберилл. Хорошо образованные кристаллы хризоберилла захватывали в большом количестве иголки силлиманита, причем эти иглы очень точно ориентировались по главным направлениям структуры хризоберилла. Позднее, когда в эту же толщу внедрялась главная масса пегматитового расплава, в него были захвачены и ранее образованные кристаллы хризоберилла вместе с включенными в него иглами силлиманита.

Пегматитовый расплав богат кремниевой кислотой, и кристаллы хризоберилла не были равновесны с включающим их расплавом, и, безусловно, эти кристаллы полностью расплавились бы, если бы быстро растущие кристаллы полевого шпата не захватили их и, включив во внутрь своего кристалла, изолировали тем самым их от расплава. Та часть бериллия, которая попала в расплав при частичном растворении кристаллов хризоберилла, кристаллизовалась вместе с кварцем в форме берилла — здесь ведь уже много кремнезема.

Исклучительная редкость «восточного кошачьего глаза» и александрита связана с редкостью условий, в которых мог кристаллизоваться сам по себе редкий минерал хризоберилл, но еще реже встречается возможность для этого минерала включить в себя примесь хрома и образовать александрит или иголочки силлиманита, чтобы возник «кошачий глаз».

Теперь можно остановиться и на причинах смены цвета кристалла александрита при дневном и вечернем освещении. Цвет любого вещества обусловливается его избирательным светопоглощением. В солнечном свете больше зеленых и синих тонов, а источник искусственного вечернего освещения особенно богат красными луча-

ми. Александрит — хризоберилл, окрашенный хромом и отчасти железом, и особенно интенсивно поглощает лучи, промежуточные между красными и зелеными цветами. Иначе говоря, поглощая и из дневного, и из вечернего света центральную часть, камень резко усиливает существующие различия между дневным и вечерним светом.

После того как стала известна причина изменения цвета камня в дневном и вечернем свете, удалось синтезировать и корунд, и шинель, обладающие александритовой окраской. Особенно красивы шинели, цвет которых меняется даже более четко, чем у природного александрита.

И хризоберилл (александрит и «кошачий глаз»), и фенакит — редкие и малоизвестные камни, но для геолога они очень интересны, так как расшифровка условий их образования позволяет разобраться во многих законах природы.

## ТОПАЗ

Топаз (алюмофторид кремния)  $\text{Al}_2(\text{F}_2\text{SiO}_4)$ . Образует призматические кристаллы со сложной головкой; в призме четыре или кратное четырем число граней. Спайность весьма совершенная, располагающаяся перпендикулярно к призме. По твердости топаз уступает только корунду и алмазу. Плотность одна из самых высоких для прозрачных минералов (3,4—3,6 г/см<sup>3</sup>), поэтому у уральских старателей топаз получил название «тяжеловеса». Цвет белый, светло-голубой, розовый, бурый, золотисто-желтый. Хорошие кристаллы топаза, используемые как драгоценный камень, встречаются в пегматитовых жилах. Иногда топаз входит в состав горных пород в качестве пордообразующего минерала.

Из современного учебника минералогии

Топаз есть многосторонний драгоценный камень высокого на золото похожего или желтого цвета, который в огне крепко устает и цвета своего не теряет.

Валерий. Минералогия. Пер. И. Шлаттера  
СПб., 1763, с. 181

Сибирский тяжеловесный камень. Кристаллы сего камня редко находятся отдельно, а обыкновенно в соединении с аксамаринами и горными хрусталиями, с коими составляют особую топазовую матку; часто сидят в железистом кварце.

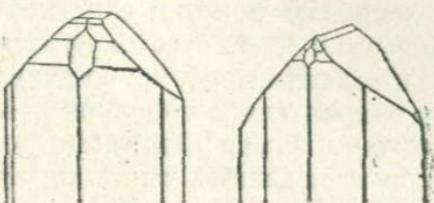
Впрочем, дальнейшие опыты доказать должны, принадлежит ли он подлинно сюда (к топазу) или к иному роду камней. Ближайшее сродство с саксонским топазом заставило меня поместить сей камень к сему виду.

Севергин В. Первые основания минералогии.  
СПб., 1798, чн. I, с. 328—329

Топаз — один из минералов, которые используются как драгоценный камень еще со времен существования древних государств Азии и Египта. Находили топаз в пегматитовых жилах, и он всегда привлекал к себе внимание исследователей. Сейчас это один из наиболее изученных минералов. Выше приведены две параллельные цитаты из известнейших русских учебников XVIII в.

Между изданиями их прошло всего 35 лет, и читатель может видеть огромный прогресс минералогической науки

Рис. 9. Формы  
кристаллов  
топаза



за это время. Если у Валерия было только формальное разделение топаза по цвету и виду, то академик Василий Севергин подходит уже как исследователь и описывает не только сам кристалл, но и условия, в которых он находится в природе, а также его свойства и удачно сопоставляет разные, еще неотождествленные минералы; действительно тяжеловес оказался топазом. Севергин также указывает, что его (тяжеловеса) и аквамарина месторождения находятся «близ Мурзинска в Урале» и «в Даурии на Ооне».

Вряд ли ошибусь, если скажу, что каждый начинающий коллекционер камня мечтает найти занорыш в пегматитовой жиле или хотя бы заглянуть в него. Действительно, сростки кристаллов (друзы), извлеченные из пустот занорышей в пегматитовой жиле, — украшение всех минералогических музеев (рис. 9). В Минералогическом музее Академии наук демонстрируются образцы из занорышей уральских месторождений из окрестностей старого казачьего села Мурзинки, которое расположено к востоку от г. Невьянска. В образцах отсюда, так называемых штуфах или друзьях, поверхности усажены кристаллами, на пегматите — крупнозернистой гранитоподобной породе — располагается несколько блестящих бело-розовых кристаллов калиевого полевого шпата. Тут же, частично срастаюсь с полевым шпатом, лежат и стоят почти вертикально буровато-черные кварцевые морионовые

красивые шестигранные кристаллы. Сбоку сростка вырос совершенно симметричный светло-голубой прозрачный топазовый кристалл. Завершает картину небольшая шестигранная пластиинка — кристалл слюды, частично вросший в полевой шпат и кварц. В отличие от других минералов друзы грани слюды шероховаты, неправильны, и сам кристалл по краям несколько «расползся», поэтому его центральная большая грань изогнута.

Найти такую замечательную друзу — завидное счастье. Поэт камня академик А. Е. Ферсман так описывал в 1912 г. вскрытие пустоты в пегматитовой жиле Мокруша близ Мурзинки\*. «С особым чувством любопытства подошли мы к только что обнаруженному занорышу. Буровато-красная мокрая глина заполнила его, и С. Южаков (местный добытчик камня) кайлом и деревянными палочками осторожно и медленно вынимал эту глину, перебирая ее в пальцах. Скоро в его руках оказались превосходные кристаллики почти черного дымчатого кварца и двойнички полевого шпата...»

Рабочих и всех нас охватывает какое-то особенное чувство волнения, все глаза устремлены на опытные руки Южакова и каждый ждет с нетерпением, принес ли на этот раз занорыш какой-нибудь самоцвет. Скоро Южаков сообщает нам, что он рукой на стенках полости нашупывает большие кристаллы дымчатого кварца и какой-то минерал — не то берилл, не то тяжеловес. Пустота тщательно отмывается, два взрыва динамитных патронов в соседних местах ее совершенно очищают и в наших руках оказывается прекрасный кристалл вишне-желтого берилла и целый ряд штуфов дымчатого кварца с зеленой слюдой и кристаллами полевого шпата».

Район Мурзинки, где еще в 1668 г. были отысканы «цветные каменья», и открытые много позднее копи Ильменских гор создали славу уральским самоцветам. С момента открытия вплоть до войны 1914 г. Урал поставлял на рынок очень большое количество коллекционного материала и ограночного драгоценного камня, в первую очередь различных по окраске кристаллов берилла и топаза.

По крайней мере две причины обусловливают образование драгоценных камней в занорыше пегматитовых жил. Первая связана с принципом пегматитообразования. В процессе кристаллизации силикатных краевых частей

\* А. Е. Ферсман. Драгоценные камни, Л., 1921.

пегматитовой жилы остаточный расплав постепенно обогащается летучими веществами и переходит в раствор, так как в этой остаточной жидкости преобладает вода. Кроме того, в этом растворе настолько концентрируются важнейшие компоненты топаза (фтор) и берилла (бериллий), что из него могут кристаллизоваться именно эти драгоценные минералы. Вторая причина заключается в том, что занорыш представляет собой идеальный кристаллизатор; медленное охлаждение и малая вязкость растворов, выполняющих занорыш, способствуют образованию чистых, лишенных включений кристаллов.

Мне неоднократно приходилось изучать полевошпатовые и слюдоносные пегматиты, лишенные занорышей. Приходилось также встречать там и минералы, характерные для занорышей, в частности берилл, но никогда его кристаллы в этом случае не достигали такой чистоты, чтобы его можно было использовать как ювелирный камень.

Мечтой каждого минералога и коллекционера, как отмечалось выше, является осмотр и изучение пегматитовых жил с драгоценными камнями. Конечно, бывая на Урале, я всегда стремился посетить замечательный район села Мурзинки, давшей нашей стране большое количество драгоценных камней. Первые посещения были малоинтересны. Во время Отечественной войны и вскоре после войны знаменитые копи представляли собой заросшие травой и лесом и заваленные землей ямы. Даже в отвалах увидеть что-либо было невозможно, и только в середине 70-х годов мне удалось хорошо изучить копь Мокрушу. Ее только что разведывали, и поэтому там все было прекрасно видно. Копь меня явно разочаровала. Мне, привыкшему к крупным слюдоносным и полевошпатовым жилам, кристаллы которых часто превышали 1 м, а мощность жилы исчислялась десятками метров, смотреть на копь Мокрушу было скучно. Основу копи слагает жила гранита.

Размеры пегматитового тела весьма невелики, и мне удалось взять один образец размером с обычную книгу, на котором в миниатюре были видны все характерные зоны пегматита. Размеры занорышей в жилах весьма невелики, но, может быть, в этом и весь смысл месторождения? Небольшие штуфы с хорошо образованными кристаллами размером в 5–10 см особенно удобно помещать в витрину музея, и поэтому они особенно ценятся; кристаллы размером в 1,0–0,5 м не во все музеи могут быть

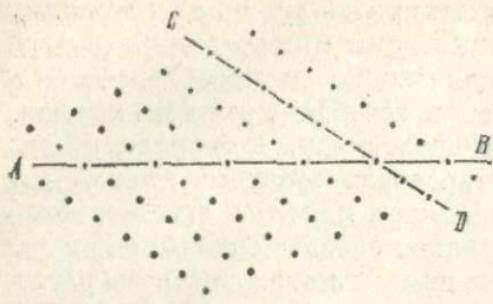


Рис. 10. Причина разной окраски топаза

Границы  $AB$  и  $CD$  проходят под разными углами к сечению решетки минерала; видно, что по границе  $AB$  расстояние между элементами решетки явно больше, чем по  $CD$

помещены, а коллекционеры от таких кристаллов попросту отказываются.

Замечательно красивы штуфы с топазом и бериллом из этих месторождений. Любители камня и музеи ждут их с нетерпением. Равно велика потребность и в отдельных ювелирных камнях этих месторождений — голубом и розовом топазе, аквамарине и цветных бериллах.

Драгоценный топаз не очень дорогой камень. Иногда он образует очень крупные совершенно прозрачные кристаллы. Так, на Украине в пегматитовых жилах был найден совершенно прозрачный кристалл топаза весом 69 кг, хранящийся в Минералогическом музее АН СССР. Конечно, такие кристаллы не используются целиком, а распиливаются на мелкие камни. Некоторые крупные камни, ранее считавшиеся алмазами, оказались в действительности топазом. Так, камень «Бранганза», входящий в Португальскую корону, имеющий вес 1680 карат (336 г), оказался бесцветным топазом. В Британском музее среди ограненных камней имеются два топаза: ступенчатый, 614 карат, из Бразилии и другой, ограненный бриллиантом, весом 1300 карат. Месторождение, откуда происходит этот камень, неизвестно.

Ценность топаза во многом зависит от его окраски. Густо-оранжевые и красно-желтые топазы находили в Бразилии и на Южном Урале, где их вымывали из россыпей по берегам рек Каменки и Санарки. Очень интересны светло-голубые и розовато-бурые кристаллы, причем оказалось, что так окрашен может быть один и тот же кристалл в разных его частях. Причину различной окраски выявил известный советский кристаллограф Г. Г. Лемлейн. Он заметил, что разная голубая и розово-бурая окраска распределена в кристалле в виде секторов, идущих от центра кристалла к его внешним граням. Оказалось, что одинаково окрашенные сектора опираются на грани, одинаково наклоненные к главным направлениям

кристалла. Именно в этом заключается разгадка окраски. Каждый кристалл представляет собой так называемую пространственную решетку.

Атомы вещества, слагающего кристалл, расположены в узлах решетки, строго на одинаковых расстояниях между собой и остальными атомами. На рис. 10 показана часть решетки, слагаемая каким-либо одним элементом (ионом). Представим себе, что эта решетка сечется разнополоченными гранями (грань  $AB$  и  $CD$ ). Явно видно, что расстояние между показанными на решетке элементами различны. Представим теперь окрашивающую примесь (например, железистое соединение), содержащую тот же элемент. Естественно, что эта примесь легче «сидеть» на ту грань, для которой расстояния между элементами будут такими же, как у этой примеси. Такие наиболее легко образующиеся сростки называются эпитаксическими. Итак, различие в цвете секторов кристалла обусловлено тем, что эти секторы в процессе роста росли «разными гранями» и в результате захватили из раствора разные окрашивающие примеси. Надо сказать, что секториальное строение кристаллов сейчас может быть выявлено почти у всех кристаллических веществ. Часты случаи и разной окраски различных секторов кристаллов драгоценных камней.

Топаз представляет собой сочетание более или менее обычных элементов — кремния, алюминия и фтора — и поэтому распространен гораздо шире, чем берилл. В тех случаях, когда породы обогащены фтором и температуры достаточно высоки, формируются топазовые и кварц-топазовые породы. В СССР такие породы имеются в Приморье, где рядом с крупным флюоритовым месторождением образовались большие массы кварц-топазовых горных пород. Известны подобные породы и в других странах. В частности, в США, в штате Джорджия, было небольшое месторождение золота, разрабатывавшееся в конце прошлого века, а потом заброшенное. В 40-х годах нынешнего столетия здесь были найдены топазовые породы, и местные специалисты решили использовать эти породы в качестве огнеупора. Предварительные опыты дали хорошие результаты. В процессе обжига топаза вместе с фтором улетало большое количество кремниевокислоты и огнеупорное изделие резко обогащалось глином, причем фтор содействовал получению плотного огнеупора.

Очень хорош топаз и как компонент огнеупорного цемента. К сожалению, месторождение оказалось очень маленьким и быстро истощилось, хотя, как указывалось в печати, потребность в огнеупорном топазе была довольно велика. Сейчас нет сообщений о хозяйственном использовании топаза. Использование топаза осложняется еще и тем, что газы, выделяющиеся при обжиге топаза, должны обязательно улавливаться и использоваться (опыт такого использования существует), а не выпускаться в воздух; газы эти губят растительность и вредны для человека. Все это, конечно, удорожает установки по использованию технического топаза.

## КОРУНД (РУБИН И САПФИР)

По химическому составу корунд представляет собой свободный глиноzem — окись алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В чистом виде корунд совершенно бесцветен, прозрачен. Обычно содержит примеси, даже небольшого количества которых достаточно, чтобы окрасить корунд в различные цвета. Различают: рубин — ярко-красный корунд, сапфир — синий или голубой корунд. Сапфир и рубин являются драгоценными камнями высшего класса, и по стоимости лучшие разности уступают только алмазу. Кроме того, различают фиолетовый корунд — восточный аметист; винно-желтый корунд — восточный цитрин.

Корунд обладает исключительно высокой твердостью, уступая среди природных минералов по твердости только алмазу.

Образует гексагональные боченковидные, реже столбчатые или пластинчатые кристаллы. Обычны сплошные массы корунда, иногда с срастанием с магнетитом, называемые наядаком, представляющие собой продукт метаморфизма бокситовых осадков. Драгоценных разностей в связи с наядаком обычно не встречается.

Из современного учебника минералогии

О том, как провезли красный продолговатый яхонт (рубин) стоимостью семь тысяч нишапурских динаров мимо стражи на острове Сарандиб (Шри-Ланка), рассказывали нечто похожее на сказку, а именно: тот человек, который вывез его, обрил голову и отлил себе колпак из меди, в котором просверлил отверстия так, чтобы стал похожим на сито, и подготовил в нем место для драгоценного камня, расширив углубление для затылка. Он надел этот колпак себе на голову и оставался в нем, пока сбритые волосы не отрасли и не выступили из отверстий, обвив этот колпак так, что скрыли его полностью. И шел этот человек, опираясь на посох, с непокрытой головой, как нищий, пока не прошел место, где подвергаются осмотру.

Бируни А. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия).

М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 53

На Сысертьское месторождение амфибол-асбеста на Среднем Урале я впервые попал в конце 50-х годов. В отличие от того, что писалось о нем, это месторождение оказалось типичным месторождением, образованным в результате контактного воздействия гранитоидов на ультрабазит. Основу месторождения составляют крупные тела ультрабазита, которые издавна, еще в докембрийские времена (примерно 1,5–2,0 млрд. лет тому назад), были включены в толщу местных гнейсов. Позднее, в палеозое (примерно 300 млн. лет тому назад), на довольно большой глубине в ультрабазиты внедрились жилы гранитов. Изменение ультрабазитов под действием гранитов было весьма значительным. Непосредственно рядом с гранитом образовалась зона биотита. За этой зоной на большом протяжении образуется зона амфиболя. В Сысертти амфибол представляет собой наиболее интересный минерал месторождения — антофиллит-асбест. Он интенсивно добывается на существующих здесь рудничных карьерах. Антофиллит-асбест сменяется зоной, где ультрабазит замещается тальком, который, в свою очередь, переходит в антигоритовый серпентинит и неизмененный серпентинит.

Сейчас эту схему описать очень просто, а в 50-х годах на месте выяснить ее было весьма и весьма трудно; контактные зоны, связанные с несколькими жилами, сливались и очень осложняли общую картину. Требовались детальные исследования каждой зоны. Особенно трудно было понять зону биотита, прилегающую к жиле гранита. Наиболее вероятно образование биотитовой зоны за счет гранитной жилы при взаимодействии ее с ультрабазитом. О механизме этого взаимодействия идут большие споры: часть специалистов считают, что гранитный расплав растворяет вещество ультрабазита совершенно так же, как сахар растворяется в стакане чая, а потом из насыщенного веществом ультрабазита расплава кристаллизуется слюда; другие, напротив, считают, что гранитная магма, внедрившись в ультрабазит, застывает в виде твердой гранитной породы, и только позднее на эту пару пород действуют циркулирующие по району растворы, ведущие к их перекристаллизации и вызывающие их химическое взаимодействие, в результате чего формируются как все контактные зоны, так и зона биотита, формирующаяся за счет гранита.

Кто прав, кто ошибается, пока сказать трудно, но от решения этого вопроса зависит решение вопросов размещения и асбеста, и других полезных ископаемых, встре-

чающихся в подобных же контактах гранитов и ультрабазитов. Естественно, что впервые встретившись с таким контактом, я рылся в биотите совершенно «самозабвенно» с утра до вечера. Особенно меня интересовали случаи, когда гранитная жилка, шедшая внизу по трещине, кончалась, а вверху довольно далеко продолжалась совершенно такая же, окруженная асбестом, но биотитовая жилка. В раздувах и утолщениях такой жилки вновь попадается гранит — это прямое доказательство того, что биотитовая жилка образуется за счет гранита. Ну, а в тех местах, где жилки малы, иногда встречаются кусочки белого или голубого минерала. В поле определять этот минерал я не решился и отправил его в Москву в шлифовальную лабораторию для изготовления из него шлифа. По приезде в Москву я думал изучить его как следует под микроскопом. Пока же продолжал собирать полевые материалы.

До сих пор не могу забыть презрительного тона, с которым меня встретили девушки-шлифовальщицы в Москве: «Вы что, В. П., разве не знаете, что корунд надо обрабатывать особо и что шлиф из него можно приготовить только на алмазном порошке? Если Вам нужно получить корундовый шлиф, то его следует передавать самостоятельно. Он обрабатывается особо, по специальным нормам, а Вы нам прсылаете целую кучу корундовых образцов вместе с обычными горными породами».

Тут только я вспомнил, что корунд в Сысерти описан уже давно, и именно из этих слюдитов. Действительно, если просто прибавить к химическому составу гранита химический состав ультрабазита, то можно рассчитать состав всех контактных зон, и как избыток остается глинозем — он-то и кристаллизуется в форме корунда. Если корунд включает в свой состав железо и титан, то он окрашивается в синий цвет и может быть назван сапфиром. Корунд Сысерти синий — это типичный низкосортный сапфир. Если же в корунд попало немного хрома, то он приобретает яркую, красную окраску рубина.

Мне найти прозрачные (драгоценные) разности сапфира в Сысерти не удалось. Однако именно так, как образуются корунды в Сысерти, возникают многие корундовые и рубиновые месторождения. В литературе описана рубиновая минерализация на Полярном Урале, в массиве Рай-Из, по среднему течению ручья Макар-Рузь, в зоне ультрабазита, наиболее богатой хром-шипинелидами. Месторождения имеют типичную для таких тел зональность.

В центре располагается плагиоклазит (очевидно, бывший гранит) и далее — реакционные зоны, например слюдитовая зона с рубином мощностью до 1 м и более. Рубин образует боченкообразные кристаллы 1—3 см, реже до 12 см. Иногда в рубине фиксируется астерилизм. За зоной рубиноносного слюдита на большем удалении от гранита отмечена зона амфибала, далее — тальк. Сходство с Сысертью очень большое. К сожалению, тело Макар-Рузь оказалось относительно небольшим.

Рай-Изский рубин, как пишут, иногда обладает астерилизмом. Это исключительное красивый эффект, и камни, обладающие астерилизмом, ценятся много дороже, чем камни того же качества, но без астериизма. Даже мало прозрачные камни, но с астерилизмом рассматриваются как драгоценные. Явление астериизма заключается в том, что на камне, отшлифованном кабошоном (овальная вставка без граней), при освещении хорошо видна светлая шестилучевая, несколько переливающаяся звезда. Причиной астериизма являются многочисленные мельчайшие игольчатые включения, закономерно ориентированные в кристалле рубина. Отражение света от этих включений и дает эффект светлой звезды. Астериизм можно получить и у искусственного рубина, если кристаллизовать рубин с окисью титана. При высоких температурах эта окись растворяется в рубине, но при охлаждении кристалла выпадает из твердого раствора в виде иголочек самостоятельного минерала — рутила, иголочки которого располагаются параллельно главным кристаллографическим направлениям рубина и тем самым вызывают астериизм. Природа астериизма естественного рубина не всегда ясна.

В Бирме, в районе г. Могок, имеются замечательные, очень богатые россыпи драгоценного камня, образовавшиеся при размыве древних доломитов. Среди других драгоценных камней встречаются в этих россыпях драгоценные корунды. Их происхождение пока не ясно, но, судя по всем имеющимся данным, процесс корундообразования в доломитах по своей природе практически не отличается от корундообразования в гранитах, секущих ультрабазиты.

Английский геолог А. Уэлльс, изучавший как месторождения Могока, так и месторождения корунда Шри-Ланки, пишет, что месторождения приурочены к тем местам, где сменитовые тела внедрились в кристаллические известняки и взаимодействовали с ними с образова-

нием слюдитов с корундом. Размыв подобных образований и дал знаменитые бирманские россыпи.

В Шри-Ланке сапфир и рубин также добываются из россыпей. Главным районом добычи драгоценных камней являются окрестности города Ратнапуры, где на площади 1500–2000 км<sup>2</sup> расположено пять крупных и много мелких россыпей. Продуктивный слой («иллам») – древний речной галечник, покрытый латеритом, – располагается на глубине 1,5–15 м и имеет мощность 0,6 м.

Уэльсу удалось найти корунд в коренных породах. Во-первых, корунд входит в состав прослоев корунд-силлиманитовой породы мощностью до 4 м, переслаивающейся с амфиболизированной кварцево-пироксеновой породой. Корунд здесь непрозрачный. Во-вторых, им встречена интрузия сиенита в кристаллический доломит с форстеритом, диопсидом, флогопитом и шпинелью. В контакте интрузии образуется зона зеленого флогопита, а сиенит замещается скаполитом и нефелином. Между сиенитом и флогопитовой зоной возникает корундовая порода, мощность ее около 1 м. Содержание коруна – до 15%. Корунд – ювелирный, совершенно такой же, как в россыпи. Вероятно, именно из таких месторождений происходит и россыпной материал.

Приуроченность рубиновых месторождений к мраморам отмечается и для Кашмира, где добыча рубина ведется в бассейне реки Хунца, в северо-западной части Каракорума. Мрамора здесь, как указывается, образуют согласные прослои в силлиманит- и гранатсодержащих биотит-плагиоклазовых гнейсах и слюдяных сланцах. Все это сечется пегматитовыми жилами. Корунд ассоциирует с кальцитом, шпинелью и флогопитом.

Известны месторождения корунда в лампрофирах. По своей природе лампрофиры – это горные породы, которые должны рассматриваться как «гибридные», иначе говоря, возникают они в результате поглощения магматическим расплавом тех или иных вмещающих пород. В данном случае, надо полагать, гранитной магмой, богатой глиноземом, поглощалась вмещающая порода, богатая магнием, в результате из такого обогащенного магнием расплава кристаллизовались магнезиальные силикаты. В результате образовалась лампрофиржильная порода, богатая плагиоклазом, пироксеном или слюдой, и как результат кристаллизации бедных глиноземом магнезиальных силикатов выделялся остаточный глинозем в форме корунда. Если эта кристаллизация остаточного глинозема

была достаточно спокойной, то и кристаллы корунда могли вырастать весьма совершенными и прозрачными, давая драгоценные камни.

Среди очень близких к описанному месторождению наиболее известно месторождение сапфира Иого в штате Монтана (США), расположенное по реке Джудит. Сапфиродержащая почти вертикальная дайка протягивается по меньшей мере на 6,4 км с востока на запад. Вмещающими породами являются известняки палеозоя. Петро-графически породу дайки правильнее назвать анальцимовым базальтом; пироксен в породе составляет до 50%, остальное: биотит — 20%, анальцим и стекло — 25, прочие — 5%. В породе встречаются включения известняка с реакционными зонами вокруг. Сапфир, встречающийся в жиле, мелкий; наибольший из добытых кристаллов весил 19 карат. Разбор довольно большого количества кристаллов показал, что бесцветные кристаллы составляют 16%, ясно-голубые — 60, фиолетовые и светло-аметистовые — 22 и ametистовые — 2%. Дайка сильно разрушена (превращена в глину) до глубины 90 м.

В 1878 г. в районе была открыта небольшая золотая россыпь, в которой был встречен сапфир. Потом была найдена россыпь сапфира, прослеживая которую нашли дайку. Особенно интенсивная добыча сапфира была в 1924—1926 гг. В 1927 г. было добыто немного камня, и далее добыча, видимо, прекратилась. Можно думать, что причиной прекращения добычи сапфира является трудность извлечения камня из твердой породы.

Среди советских месторождений близкий характер имеют корундовые месторождения в окрестности городов Касли и Кыштыма на Урале, а также некоторые корундодержащие пегматиты Ильменских гор. К сожалению, в этих месторождениях нигде не было встречено ювелирных разностей.

Исключительно интересны описания рубиновых месторождений Таиланда и прилегающих частей Камбоджи. Рубин здесь добывался еще с доисторических времен. Геологи, попав в начале нынешнего столетия на месторождения рубина, были поражены. Рубин, как оказалось, встречается здесь в молодых базальтах в виде разъеденных крупных зерен. На поверхности базальтов развита мощная глинистая кора выветривания, и это очень облегчает извлечение рубина; все обычные минералы базальта — полевой шпат, пироксен и стекло — целиком переходят в очень мелкие частицы глины, легко смываемые

водой, тогда как практически не изменяющиеся кристаллы-зерна рубина остаются крупными и легко вымываются из этой своеобразной элювиальной россыпи.

Причина появления рубина в базальтах Таиланда и Камбоджи была совершенно непонятна. В отличие от состава сапфировых лампрофиров и слюдитов, где имеет место избыточный глинозем, состав рубиноносных базальтов совершенно нормален. Не ясно, почему же в них вдруг начал кристаллизоваться рубин?

Экспериментальные данные, полученные в последние годы, кажется, могут помочь понять этот феномен. Оказалось, что богатый глиноземом и кальцием полевой шпат, а только такой и присутствует в настоящих базальтах, может кристаллизоваться только при относительно низких температурах и давлениях. Если же давления превышают 10 кбар, а температура 1500° С, то из расплава кристаллизуется вместо полевого шпата корунд (рис. 11). Давление 10 кбар достигается в земной коре на глубинах порядка 30 км и более. На этих глубинах, вероятнее всего, господствуют температуры выше 1500° С. По современным представлениям, это как раз та глубина, где образуется базальтовая магма и откуда она поднимается к кратеру вулкана. Таким образом, ничего неожиданного нет в предположении, что в базальтовой магме, начинаяющей кристаллизоваться на глубинах, выпадет корунд. При этом совершенно очевидно, что кристаллизация на этих глубинах будет идти очень медленно и кристаллы получатся весьма совершенные, т. е. это будут явные драгоценные камни.

Но для сохранения драгоценного камня в базальте его излияние должно происходить в особых, совершенно своеобразных условиях. При современных вулканических извержениях лава почти всегда вытекает из промежуточных очагов, находящихся под вулканами на относительно небольшой глубине. Жидкая магма в таких очагах существует довольно долго. Естественно, что здесь при низких давлениях и температурах, корунд в нормальном базальте будет неустойчив, он будет растворяться в расплаве, а вместо него будет кристаллизоваться полевой шпат. Видимо, история всех обычных базальтов была именно такой, и никаких следов корунда в них нет. Своеобразие камбоджийских и таиландских базальтов заключается в том, что здесь лава изливалась на дневную поверхность не из промежуточных очагов, а прямо с больших глубин. Подъем лавы был настолько быстр, что ранее выделив-

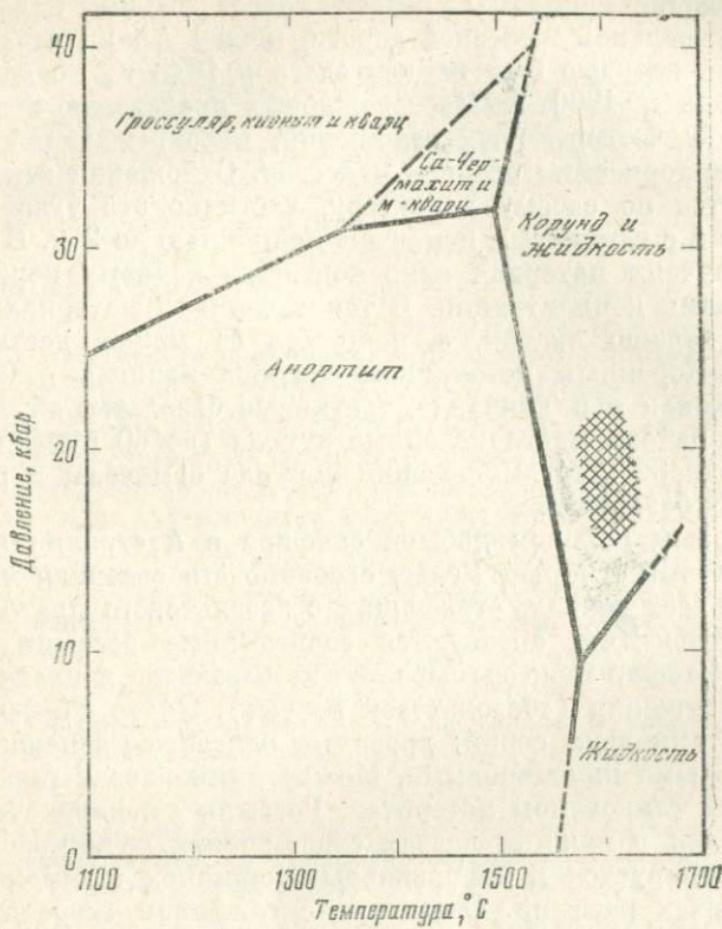


Рис. 11. Диаграмма состояния кальциевого полевого шпата (анортита). При давлении выше 10 кбар анортит плавится с выделением корунда в расплаве, что может объяснить присутствие корунда в базальте. Заштрихована область температур и давлений, из которой, наиболее вероятно, происходит изливание корундоносных базальтов.

шийся корунд не успел раствориться. Однако растворение рубина, безусловно, уже началось; в описаниях указывается, что рубиновые зерна не образуют правильных кристаллов.

Очень крупным поставщиком ювелирных сапфиров на мировом рынке является Австралия. Сапфиры здесь добываются из четвертичных россыпей. В 1975 г. было добыто сапфиров более чем на 12 млн. австралийских долларов. Наиболее крупной областью добычи является район Ана-ки в Квинсленде, где, кроме голубых, встречаются желтые, оранжевые и зеленые камни. Гравийные отложения,

содержащие сапфир, занимают более 910 км<sup>2</sup> к северу от Центральной железной дороги, между Анаки и Уилоу. Сапфир впервые был найден здесь в 1870 г., но добыча началась в 1900 г. Месторождение представляет собой горизонт четвертичных отложений, перекрывающий различные горизонты осадков палеозоя. Отложения эти различаются по своему характеру, частично это угловатый делювий с глинистым цементом мощностью до 2 м. В других случаях материал явно подвергся водному переносу и местами концентрации. В таких случаях материал россыпи хорошо окатан, а мощность ее может достигать 10 м. Коренным источником сапфира явились в Квинсленде, как и в Таиланде, третичные базальты, образующие в районе многочисленные купола (до 60 куполов на площади 32 км<sup>2</sup>). Включения корунда отмечены и в коренных базальтах.

Вторым районом добычи сапфира в Австралии является Новый Южный Уэльс, особенно его северная часть, где во всех речках, стекающих с базальтового плато Инверел-Глен-Ини, образуются современные россыпи сапфира. Сапфир явно вымывается из базальтов и продуктов их разрушения («базальтовой почвы»). Плато образовано базальтами двух серий: древними олигоцен-миоценовыми и молодыми плиоценовыми. Между ними развит горизонт богатых глиноземом латеритов. Россыпи сапфира обычно находятся в нижних частях современных речек; сапфир концентрируется в неправильных карманах и отдельных горизонтах россыпи. Совместно с сапфиром встречаются шпинель, галька базальта, оолиты железняка и боксита, окатанные зерна циркона. Из всего собранного сапфира 20% — бурые непрозрачные, не имеющие никакой цены, 60% — низкокачественные, мелкие, темные или частично окрашенные и только оставшиеся 20% могут считаться ювелирными камнями. В других частях Нового Южного Уэльса отмечались в подобных же условиях россыпи сапфира, но количество добываемого камня здесь много меньше.

В конце 50-х годов, когда я находился в горах Центрального Китая, мне принесли для определения образец гнейса, в который было включено несколько красивых кристаллов корунда. Такие породы издавна называли корундовым гнейсом. Рассматривая этот гнейс, я обратил внимание на то, что каждый кристалл корунда был окружен кристалликами полевого шпата. Не будет ли это глубинное образование типа глубинных корундсодержа-

ших базальтов? Тогда корундовые месторождения этих пород осмотреть мне не удалось.

У нас в стране подобных образований не описано. К сожалению, в СССР пока не найдено крупных рубиновых и сапфировых месторождений. Их стоит поискать, они интересны и экономически, и геологически.

## ГРАНАТ

Группа минералов общей формулы  $3R^{2+}O \cdot R_2^{3+}O_3 \cdot 3SiO_2$ . В зависимости от химического состава, цвета и свойств различают: пироп ( $3MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); альмандин ( $3Fe \cdot O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); спессартин ( $3MnO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); уваровит ( $3CaO \cdot Cr_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); грассуляр ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); андрадит ( $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ); шорломит [ $3CaO(Fe, Al)_2O_3 \cdot 3(Ti, Si)O_2$ ]; гидрогранат [ $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3(SiO_2, 2H_2O)$ ]. Чистыми по составу эти гранаты почти никогда не бывают. В каждом одна из разностей граната преобладает, другие присутствуют в виде примесей. Общий для всех гранатов является кристаллизация в кубической системе. Обычно образует кристаллы в форме ромбического додекаэдра в комбинации с другими, менее развитыми формами.

Из современного учебника минералогии

*Вениса (Silex Granatus Wern.).* Только кровяно-цветная и иногда иссиня-красная вениса бывает прозрачная, прочие же просвечивают либо на краях просияивают, а черная и бурая вениса совсем непрозрачна.

Наилучшая вениса находится около Билины в Богемии.

Лучшую венису обрабатывают подобно драгоценным камням. Худшую и мелкую венису гранят, сверлят и нанизывают в виде бус.

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, кн. I, с. 354

Как драгоценный камень в Европе в XVII–XIX вв. особенной популярностью пользовался гранат, добывавшийся в центральной Чехии. А. И. Куприн в своей поэтической повести «Гранатовый браслет» так описал этот гранат. Браслет был «весь сплошь покрытый небольшими старинными плохо отшлифованными гранатами. Но зато посередине браслета возвышались, окружая какой-то странный зеленый камень, пять прекрасных гранатов — кабошонов, каждый величиной с горошину. Когда Вера случайным движением удачно повернула браслет перед огнем электрической лампочки, то в них глубоко под гладкой яйцевидной поверхностью вдруг загорелись прелестные густо-красные живые огни»\*.

\* А. И. Куприн. Гранатовый браслет. М.: Изд-во худ. лит., 1955, с. 18.

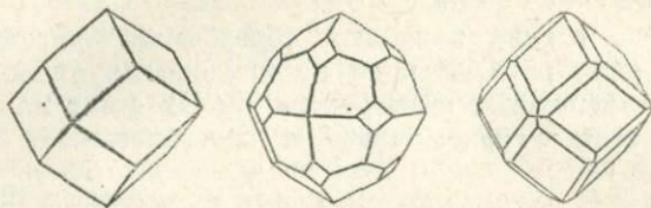


Рис. 12. Кристаллические формы граната

Собственно, кроваво-красный облик и привел к названию этого минерала; гранатом издавна называется плод, широко распространенный в Средиземноморье и у нас в стране в Закавказье. Цветы граната ярко-красные, кумачевые, с толстыми кожистыми прицветниками. Если разломить плод, то внутри видны многочисленные ярко-красные зерна, приросшие основанием к выступам корки, бока зерен плотно соприкасаются между собой, но у каждого зерна более или менее сферическая поверхность. На этих зернах, совершенно как на ограниченных кабонионом чешских гранатах, при удачном повороте возникают «густо-красные живые огни».

Термин «гранат», ставший сейчас групповым, международным, является среднеевропейским термином; его «установил» немецкий геолог Вернер. В России для минералов этой группы бытовал термин «вениса». В странах арабского языка гранат называется биджази, от этого арабского названия, по Г. Г. Леммлейну, происходит и старорусское название граната — бечет.

Гранат — необычайно разнообразная группа, и практически нет в природе двух месторождений, в которых находились бы одинаковые гранаты. Кроме наиболее обычных, широко распространенных разностей, существуют и значительно более редкие магнезиально-железистые (кохарит), железо-железистые (скиагит), марганцево-марганцовистые (близит) и ряд других, но они никогда не дают драгоценных разностей. Всегда, когда их находили, они были темноокрашенными и мутными.

Никогда, как сказано, гранатовые кристаллы (рис. 12) не состоят из одного компонента, это всегда смесь, иногда нескольких идеальных компонентов. Однако гранаты решено называть по преобладающему компоненту. Цвет граната зависит от его состава. Гранаты, состоящие только из окислов кальция, магния, алюминия и кремния, совершенно бесцветны, а окрашивают минералы примеси

хромофоров — окислов железа, хрома, титана и некоторых других металлов. Пироп, в точности отвечающий формуле, бесцветен, но обычно он содержит примесь альмандиновой частицы и тогда окрашен в густой кроваво-красный цвет. Чем меньше этой примеси, тем светлее окраска, тем лучше этот минерал смотрится как драгоценный. Чешский гранат, от которого получила название вся группа граната, является именно пиропом, окрашенным в основном примесью железа (альмандином). Если встречаются прозрачные кристаллы альмандина, то они ценятся очень дорого. Сам альмандин имеет яркий красно-фиолетовый цвет.

Спессартин имеет очень некрасивый бурый цвет. До сих пор не найдено месторождений, содержащих сколько-нибудь прозрачные кристаллы, которые можно было бы систематически использовать в качестве драгоценного камня. Только изредка в классических россыпях драгоценных камней встречаются отдельные ювелирные кристаллы.

Кальциево-алюминиевый гранат очень редко встречается в относительно чистом виде, но если такие разности встречаются, то они могут быть прозрачны и очень эффектно окрашены. Таков, например, светло-розовый гессонит (от греческого «меньший», за его твердость меньшую, чем у гроссуляра). Очень красивы желтые, слабоокрашенные гроссуляры. Смешанные кальциево-алюминиевые и кальциево-железистые гранаты встречаются очень часто, они обладают буро-зеленым, иногда бутылочно-зеленым цветом и, как правило, совершенно непрозрачны, и хотя встречаются очень часто, но как драгоценный камень практически не годны. Хромовые гранаты имеют исключительно красивый, как говорят, изумрудно-зеленый цвет, но очень редко встречаются в прозрачных кристаллах, пригодных для использования в качестве драгоценного камня.

Для всех гранатов весьма характерны кристаллические формы. Это обычно ромбический додекаэдр или комбинации с его участием (рис. 12).

Как уже отмечалось, гранаты распространены весьма широко. Однако в их распространении есть очень строгие закономерности, связанные, с одной стороны, с химическим составом той среды, в которой кристаллизуется гранат, а с другой — с условиями температур и давлений, господствовавших в то время, когда шло кристаллизация граната.

*Пироп.* Наиболее характерным гранатом является пироп. Во всех случаях находок можно предположить, что он образовался на больших глубинах. Наиболее древним местом добычи пиропа, как уже отмечалось, являются чешские месторождения, разработка которых была начата еще в средние века и особенно интенсивно велась в середине XIX века. Большинство гранатовых ювелирных изделий, изготовленных в XVIII—XIX вв., содержат именно чешский гранат. Для него характерен густой красный цвет, «кровавый отблеск» и, как пишут ювелиры, кровавый оттенок, но я этого оттенка не видел. Добыча граната велась в Средней Чехии, к северу от Праги, в небольших закопушках, где добывался выветрелый змеевик. Эта выветрелая почти до глины порода легко отмывалась от плотных зерен граната, которые далее разбирались по качеству.

Во второй половине XIX в. были открыты месторождения алмаза в Южной Африке, причем оказалось, что залегают эти алмазы в горной породе — кимберлите, которая по своему химизму, а иногда и облику близка к змеевикам, и что в этой кимберлитовой породе встречаются красные гранаты, такие же пиропы, как и в Чехии. Кристаллы пиропа из кимберлитов не очень хорошие и не могут использоваться как драгоценный камень. Но в алмазных россыпях, где сохраняются только весьма совершенные кристаллы (все трещиноватые при переносе водой раскалываются по трещинам и измельчаются в тончайший песок), встречались прекрасные густо окрашенные прозрачные зерна граната.

Первоначально старателей интересовали только алмазы, и на гранат они не обращали внимания. Но позднее, когда алмазная лихорадка улеглась и начаты были систематические разработки россыпей, пироп, или, как его начали тогда называть, «канский рубин», стал добываться в большом количестве. Наиболее известен в XIX в. был пироп из россыпей по р. Вааль. Количество пиропа, добывавшегося в Южной Африке, было так велико, что цены на него сильно упали. Естественно, что сравнительно бедные чешские месторождения разрабатывать стало невыгодным и они были заброшены.

Вполне естествен вопрос, а как в нашей стране, есть или нет пиропа, ведь алмазы есть и у нас в Сибири. И есть и нет. Конечно кимберлиты Сибири очень богаты пиропом. Напомню, что Л. Попугаева нашла первую сибирскую трубку, прослеживая распределение зерен пиро-

па в речных россыпях. Именно пироповые зерна привели ее к выходу кимберлита. Выше этого выхода пиропа не было. Кимберлит всегда и в больших количествах содержит пироп, и тем не менее до сих пор у нас крупных хорошо прозрачных зерен пиропа, которые можно было бы использовать как драгоценный камень, пока не найдено.

Ассоциация пиропа с алмазом заставила чешских геологов вернуться к изучению месторождений пиропа в Средней Чехии. Естественной была мысль: а не был ли ранее пропущен здесь алмаз? Начались большие работы, которые показали, во-первых, что пироп приурочен к кимберлиту, образующему совершенно такие же трубы как в Южной Африке и Сибири, и, во-вторых, что алмаз здесь не пропускался, его просто здесь нет. И в Сибири, и в Южной Африке встречаются кимберлитовые трубы, в которых нет алмаза, их даже больше, чем тех, в которых алмаз встречается. Чешские трубы как раз и оказались теми, в которых алмаза нет.

Вместе с тем тот факт, что чешский пироп встречается в кимберлитовых трубках, интересен. Дело в том, что вещество кимберлита зародилось в земной коре, вернее, в мантии, на очень больших глубинах — не менее 150 км. При более низких давлениях, которые господствуют на меньших глубинах, алмаз не может кристаллизоваться. На этой же глубине кристаллизовался и пироп. Много раз экспериментаторы-минералоги пытались опровергнуть это предположение и получить пироп в условиях низких давлений. Но опровержение пока не получилось. Пироп кристаллизуется только в условиях высоких давлений.

Исключительно интересное месторождение пиропа имеется в Монгольской Народной Республике. Оно приурочено к относительно молодым потокам базальта в местности Шаварын-Царам, к юго-востоку от города Улан-Батор. В выветрелой базальтовой лаве и в базальтовом шлаке встречаются крупные кристаллы густо окрашенного красно-коричневого пиропа, черного, плохо раскалывающегося пироксена, полупрозрачного красивого полевого шпата с цветовой игрой — типичного лунного камня и, наконец, буро-красные кристаллы железо-магнезиальной слюды — флогопита. Кристаллы пироксена, полевого шпата и флогопита достигают 5—10 см в попечнике. Кристаллы пиропа — 1—3 см, но, как правило, разбиты на два-три куска, так что выделить из них сантиметровый кусочек можно очень редко. Весьма характер-

но, что ни один из этих крупных кристаллов не имеет собственного огранения и все они окружены хлоритоподобной массой. Количество пиропа в базальте так велико, что его оказалось выгодным добывать.

Откуда взялись в базальте эти необычные для него минералы, ведь базальт излился на дневную поверхность в виде лавы? Быстро охлаждаясь, эта лава затвердела или в виде стекла (шлак) или в форме мельчайших (около 0,1 мм) кристаллов плагиоклаза, пироксена и в небольших количествах оливина. Откуда же здесь зерна в 5–10 см? Единственно возможное предположение – это то, что кристаллы уже были в лаве, когда она изливалась на поверхность.

Изучение слюды и пироксена показало их совершенно необычный состав. В них оказалось очень много титана, причем в слюде титан занимает место и алюминия, и магния, и кремния. Как показали опыты, это возможно только в условиях очень больших давлений, но и пироп ведь минерал больших давлений. Таким образом они попали в базальт, можно только гадать. Ну а раз так, то давайте пофантазируем.

Видимо, при образовании вулкана Шаварын-Царам имело место катастрофическое землетрясение; в земной коре появилась глубокая трещина, и с очень больших глубин – 150–200 км – в эту трещину внедрялся базальтовый расплав. Ранее на таких глубинах этот расплав циркулировал в породах, подобно тому как в водоносных слоях близ дневной поверхности циркулирует вода. Появившаяся трещина, надо полагать, служила как бы колодцем, входящим в водоносный горизонт. Через поры стенок колодца (трещины!) вода (базальтовый расплав!) вытекает в свободное пространство. На первых порах при образовании трещины куски стенок (давно образовавшиеся крупные кристаллы) свалились в трещину и были захвачены быстро текущим базальтовым расплавом, а может быть, сам расплав протекал по трещине, отрывая куски камня от стенок, давя на них своими раскаленными струями, подобно тому как весенняя река отрывает куски берега и несет их вниз, к морю.

Шаварынцарамские пиропы гуще окрашены, чем чешские и капские; в крупных зернах они почти не просвещивают, но и в них отчетливо виден эффектный кроваво-красный отблеск. Видимо, особенно хороши они будут ограненные выпукло-вогнутым кабошоном. Мелкие камни из этого пиропа очень яркие и искрящиеся.

Изделия из пиропа сейчас редки. Одно время у нас продавались бусы индийского производства из грубо отдельенного южноафриканского пиропа. Я люблю пироп, он очень красив, но все же для меня гораздо важнее то, что это минерал, пришедший на дневную поверхность с очень больших глубин, краткая весточка, говорящая о природе земных недр.

**Альмандин.** Выйдете на Москву-реку, но не там, где она одета камнем, а там, где у нее песчаные берега, где мелкие волны спокойно наползают на песок и медленно уходят обратно в реку. Когда вода уходит, за ней «течет» и песок, но местами, у конца прибоя, на песке создаются темные каймы. Это природный шлих — скопления тяжелых минералов, отмытых волнением. Рассмотрите эти каймы более внимательно; почти всегда в кайме можно различить две части — черную и красно-фиолетовую, иногда одна полоса располагается выше, другая — ниже, иногда один участок каймы черный, другой красно-фиолетовый. Черная полоса — это магнетит, что легко проверить с помощью магнита, почти вся черная часть останется на магните, ну а красно-фиолетовая часть — это гранат-альмандин. Проверить это определение гораздо труднее, чем определить магнетит. Тут необходима помощь многих точных методов, но посмотрите на этот песок через сильное увеличительное стекло или лучше через микроскоп, и не останется сомнений, что это ценный камень, — так эффектен его красно-фиолетовый цвет и так сильно блестит и искрятся каждая песчинка. К сожалению, однако, использовать этот альмандин невозможно, размер каждой песчинки много меньше миллиметра.

Сейчас хорошо известно, откуда в подмосковный песок попали альмандиновые песчинки. В основании Великой Русской равнины, выходящем на дневную поверхность, на так называемом Балтийском щите, расположенному севернее Ленинграда, и в Украинском щите, расположенным к югу от долины Днепра, развиты древнейшие кристаллические сланцы, образовавшиеся за счет изменения песчаников или глинистых толщ. Изменение этих пород было исключительно интенсивным. Вместо глинистых минералов образовались в этих породах биотит, амфибол и альмандиновый гранат.

Альмандин вообще характерен для глубокоизмененных глинистых пород (одна из глубинных зон изменения, на глубине порядка 8—15 км, так и называется —

альмандин-амфиболитовой зоной). На щитах эти кристаллические сланцы с альмандином выходят на дневную поверхность. Обнажились они в относительно недалеком геологическом прошлом, в так называемом ледниковом периоде, когда поверхность Балтийского щита, а отчасти и Подмосковье покрывал мощный материковый ледник, несколько напоминающий тот, который сейчас покрывает Антарктиду. Этот лед, двигаясь к югу, буквально пропахивал всю поверхность щита, срывая и перемалывая все горные породы, выхавшие на поверхность. При таянии льда потоки, образовавшиеся за счет талых вод, сортировали камень, принесенный ледником, сносили песок и отдагали его практически по всей Русской равнине. Амфибол, биотит и полевые шпаты — минералы очень неустойчивые, они разлагаются и переходят в глину, а в песке остаются только устойчивые кварц, гранат-альмандин, ну и магнетит.

В гранатовых амфиболитах Карелии иногда встречаются очень хорошо образованные кристаллы альмандина. Обычно это так называемые ромбические додекаэдры — двенадцатигранники, каждая грань которых представляет правильный ромб. К сожалению, все встречающиеся кристаллы сильно трещиноваты или переполнены включениями и непрозрачны, только отдельные мелкие обломочки сияют, как должен сиять драгоценный камень.

Ювелирный альмандин очень редок, но из-за своей прозрачности и красно-фиолетового цвета, более приятного, чем цвет пиропа, ценится очень дорого, много дороже пиропа. В нашей стране хороших ювелирных альмандинов не известно, хотя в книге М. И. Пыляева указано, что по реке Маме, ныне в Иркутской области, и близ Кяхты находили хорошие ювелирные гранаты. Отмечается, что были находки хороших гранатовых зерен на северном берегу Ладожского озера.

На мировой рынок альмандиновый гранат поступает из Шри-Ланки, Бразилии и Мадагаскара. На острове Шри-Ланка добыча драгоценных камней начата была еще задолго до начала нашего летосчисления и продолжается до сих пор с очень большим успехом. Центром добычи и реализации драгоценного камня является г. Ратнапура на юге острова. Драгоценный камень добывается здесь из речного галечника, так называемого илама, залегающего в основании гравийных галечных отложений, имеющих мощность 6–30 м. Россыпи содержат очень многие драгоценные камни — сапфир, хризобериолл,

аквамарин, топаз, цветной турмалин, шинель, циркон и многие другие, в том числе различные гранаты, среди которых преобладает альмандин. Встречаются здесь и многие редкие минералы, такие, как монацит (фосфат тория), фергюссонит (редкоземельник с ниобием), tantalит (танталит железа и марганца) и т. д. Среди камней, добываемых здесь, встречались совсем не известные минералы. Так, в 1952 г. был изучен минерал, добытый из этой россыпи и сохранившийся в музее, который ранее был принят за оливин. Оказалось, что это новый магниевый борат, который был назван сингалитом.

Образовалось это месторождение в результате размыва горных пород, слагающих эту местность. В составе пород — слюдяные сланцы, содержащие гранат с прослойками известняка и доломита. Все породы пронизаны многочисленными пегматитовыми жилами. Именно эти жилы и содержат большинство перечисленных выше драгоценных камней, хотя альмандин, вероятнее всего, происходит из сланцев.

У читателя может возникнуть вопрос, а почему гранат и другие минералы в Шри-Ланке прозрачны и лишены трещин, а в нашей стране все кристаллы трещиноваты. Причина лежит в геологической истории района. Кристаллизация минералов сначала везде приводила к созданию прозрачных хороших кристаллов, но впоследствии уже готовые породы в процессе подъема к поверхности претерпевали неоднократное дробление и перекристаллизацию, при которой первоначально прозрачные зерна замутились и потеряли монолитность. В Шри-Ланке подъем местности был быстрым и одноприемным — вся область вышла на уровень дневной поверхности сразу, без разломов и процессов метаморфизма. Это и позволило драгоценным камням сохранить свой «драгоценный» облик. Очень важен еще один момент: в процессе перёмыма речной водой минералов, оторванных от скалы, все слабые и трещиноватые кристаллы разваливались по трещинам, в галечнике-иламе оставались только хорошие, целые зерна.

По-видимому, подобной же была история месторождений граната и других драгоценных камней в Бразилии и на Мадагаскаре; богатство этих стран драгоценным камнем совершенно замечательно. Особенно богат таким камнем Мадагаскар. В некоторых случаях даже обычный калиевый полевой шпат, невзрачный, непрозрачный красный или белый минерал, на Мадагаскаре красив

окрашен в светлый буро-зеленый цвет и используется как ювелирный камень.

Ювелирный альмандин весьма редок и встречается только там, где в силу геологической истории он мог сохранить свои первоначальные свойства. Вообще же альмандин совсем не редок; во всех музеях имеются и неправильные зерна, и хорошо образованные кристаллы альмандина из очень многих точек земного шара.

*Гроссуляр и андрадит.* Оба граната кальциевые: гроссуляр — кальциево-алюминиевый, андрадит — кальциево-железистый. Эти минералы настолько близки между собой, что в природе почти никогда не встречаются по отдельности, а всегда образуют смеси. Чем больше в эту гранатовую смесь входит андрадитовой частицы, тем гуще окрашен этот минерал. Гранаты, богатые андрадитом, темно-бурьи, почти черные. Гранаты, богатые гроссуляровой частицей, буро-зеленые и зеленые. Как и все гранаты, они образуют прекрасные кристаллы, примерно одинаковые в размерах по всем направлениям. Наиболее часто эти гранаты покрыты гранями ромбического додекаэдра, но часто к нему присоединяются другие формы, в результате чего грани бывают нечеткие. Если еще на кристалл будет воздействовать дополнительное растворение, то кристалл гроссуляра превратится в светло-зеленый шарик — отсюда и пошло название минерала. Такие зерна напоминают ягоду крыжовника (*grossularia* — по-латыни).

Гроссуляр и андрадит в чистых кристаллах должны быть прозрачными и однородными, светлоокрашенными, тогда оба граната могут рассматриваться как драгоценный камень, они очень красивы и весьма ценятся. Однако в большинстве случаев этого не случается. Кристаллы такого граната просвечивают или прозрачны только в очень мелких зернах. Причина этого лежит в различиях свойств обоих минералов. Выше говорилось, что оба граната почти всегда дают смеси. Кристаллизация андрадит-гроссуляровых гранатов идет в очень трудных условиях, когда вокруг много других минералов и когда состав растворов, из которых кристаллизуется гранат, очень сильно меняется во времени. В результате почти никогда не образуются однородные смешанные кристаллы. Кристаллы, даже внешне весьма однородные и образованные блестящими красивыми гранями, внутри оказываются сложно построеннымми — зональными. Если разрезать такой кристалл, то в нем от центра к периферии

будут чередоваться зоны различных по содержанию отдельных компонентов.

В момент кристаллизации каждый такой слой был однороден и прозрачен, но температура кристаллизации и температура, при которой гранат существует сейчас или продолжал кристаллизоваться, различны. Оказывается, что гроссуляр и андрит обладают резко различными коэффициентами термического расширения. Промежуточными, но также различными будут коэффициенты термического расширения различных смесей этих частиц, поэтому разные зоны единого кристалла при охлаждении (и нагревании) по-разному изменяют свой объем, некоторые зоны сжимаются сильнее, другие — меньше. В результате в кристалле появляются или многочисленные мелкие внутренние трещины, или возникают внутренние напряжения, там, где одна зона деформирует другую.

С помощью поляризационного микроскопа такие зоны очень хорошо видны. Только в идеальных условиях может вырасти идеальный прозрачный кристалл — драгоценный камень.

Гроссуляр-андрадитовые кристаллы образуются там, где много кальция, кремния, железа и алюминия. Именно эти условия создаются в контакте известняка (или доломита) и какой-либо внедрившейся в него магматической породы — гранита или габбро. В зоне контакта создаются температуры, благоприятные для кристаллизации новых минералов, а кроме того, здесь имеется и большое количество прогретой воды. Отчасти это вода, которая содержалась в известняке. Она поступает сюда также из кристаллизующегося магматического расплава, так как образующиеся при этом кристаллы содержат меньше воды, чем ее содержала магма. Водные растворы содержат все компоненты граната; кальций они получают из осадочных карбонатов, а кремний, железо и алюминий — из магматических пород. Кристаллизация граната идет именно из этих вод. Обычно алюминия и железа не хватает, чтобы весь кальций перевести в гранат, и, кроме граната, в этих контактных породах кристаллизуется большое количество силиката кальция, волластонита. Такие породы, называемые скарнами, часто содержат большое количество рудных минералов; это могут быть железные руды, руды цветных металлов и т. д. В пустотах скарна иногда встречаются прекрасные сростки кристаллов граната. В большинстве музеев можно увидеть такие

скарновые кристаллы граната, они хорошо образованы, блестящие, но непрозрачные.

Выше говорилось, что совершенные кристаллы гроссуляр-андрадитовых кристаллов почти никогда не встречаются. «Почти» — это уже не полное отрицание, и очень редко, но они могут служить в качестве драгоценного камня. В знаменитых цейлонских россыпях, которые были описаны выше, иногда встречаются зеленые прозрачные гроссуляры. Там же встречаются золотисто-желтые, несколько буроватые кристаллы гроссуляр-андрадитового граната. Внешне они похожи на драгоценный циркон-гиацит, поэтому их иногда продают под этим называнием. Цена прозрачных «драгоценных» гранатов иногда очень высокая.

В Пакистане недавно найден зеленый прозрачный гроссуляр, используемый в ювелирных изделиях. Найти описание условий залегания этого граната пока не удалось.

В мраморах Мексики встречаются очень эффектно окрашенные в розовый цвет кристаллы светлого, почти не содержащего железа гроссуляра. На этом месторождении добывают не только ювелирные камни, но также очень много трещиноватых, плохо прозрачных кристаллов, которые поступают в минералогические коллекции. В мраморах Финляндии в XIX в. был встречен красновато-бурый гроссуляр, который был назван румянцевитом, но добычи его как ювелирного камня не было.

Известен в природе еще один кальциевый гранат — это *уваровит*, вместо железа и алюминия в него входит хром. Минерал не очень редкий, но встречается в очень специфических условиях — в трещинах хромовых руд. Крупные кристаллы уваровита никогда не встречаются; ни в одном музее мне не удалось видеть кристаллов более миллиметра, но и миллиметровые кристаллы весьма редки. Тем не менее уваровит всегда привлекает внимание коллекционера. Для него характерен очень густой изумрудно-зеленый цвет. Даже тончайший налет уваровита на хромовой руде нельзя не заметить благодаря его красивому цвету, а если еще этот уваровитовый налет состоит из кристаллов и при любом повороте ярко блестит, давая зеленые лучики, то от него почти нельзя оторвать глаз. На некоторых выставках были показаны броши и кольца, в которые была вделана хромовая руда с налетом уваровита. Ювелирный уваровит до сих пор не синтезирован.

*Демантоид и «трансваальский жад».* Вспомните сказ П. П. Бажова о Серебряном копытце, где описывается девочка Даренка, кошка Муренка и козел Серебряное копытце. Ночью вышла Даренушка из охотничьего балагана искать кошку, «глядит, кошка на покосном лужке сидит, а перед ней козел. Стоит, ножку поднял, а на ней серебряное копытце блестит. Стали Муренушка и козел по покосным лужкам бегать. Бежит, бежит козел, остановится и давай копытцем бить... По тем покосным лужкам, где козел скакал, люди камешки находить стали. Зелененькие, большие, хризолитами называются»\*.

Сам Бажов и его герои жили на Полевском заводе, и этот сказ относится к окрестностям Полевского завода. Надо сказать, что не все в этом сказе выдумки. Действительно, в середине прошлого столетия в окрестностях Полевского завода, на небольшой речке Бобровке нашли очень красивые светло-зеленые, иногда бутылочно-зеленые, иногда почти изумрудно-зеленые драгоценные камушки, которые сразу же стали очень популярны у ювелиров. Первоначально по внешнему сходству и по тому, что в районе Полевского завода развиты ультраосновные породы, совершенно такие же, как во многих других местах, где с ними связаны оливины — хризолиты, полевские камушки назвали «хризолитами» — хотя уральские «хризолиты» отличались от обычных хризолитов и были много красивее их. Позднее такие же «камушки» найдены были много севернее в районе города Нижнего Тагила.

Позднее в обоих местах были найдены коренные месторождения этого минерала. Оказалось, что в змеевиках залегают небольшие зоны, которые среди перекристаллизованного змеевика содержат зеленые кристаллы. Точное изучение этих кристаллов было проведено в самом конце XIX в. горным инженером Лешем. Оказалось, что эти минералы ничего общего с «хризолитом» не имеют, а представляют собой почти чистый андрадитовый гранат. Иногда в нем нет примесей хрома (уваровита), — и тогда он бутылочно-зеленый, а иногда он содержит хром — и тогда он особенно красивый и ценный — изумрудно-зеленый. Оказалось, что и название для этого граната придумывать не надо. Еще в XIX в. Норденшельд имел подобные кристаллы и назвал их демантоидом. Это

\* П. П. Бажов. Малахитовая шкатулка. М.: Гослитиздат, 1948, с. 323—324.

название и осталось за драгоценным уральским андритовым гранатом. До революции демантоид на Урале добывался в довольно большом количестве. Однако изучение месторождений, проведенное в последние годы, показало, что они практически исчерпаны. Новых кристаллов демантоида здесь почти не находят. Есть сведения, что демантоид открыт в последние годы на востоке страны, но месторождения эти еще не описаны.

Демантоид является хорошим примером того, что андрит, если его кристаллы хорошо образованы, прозрачен и очень красив, об этом уже говорилось ранее. Судя по ассоциации с перекристаллизованным змеевиком, вмещающим кристаллы демантоида, можно предположить, что андрит-демантоид кристаллизовался из водных растворов.

К генезису демантоида весьма близко происхождение так называемых родингитов — очень своеобразной горной породы, сложенной различными кальциевыми минералами. В первую очередь в составе родингита должен быть назван гранат-гроссуляр. Кроме того, в родингите встречается везувиан — минерал, химически отличающийся от гроссуляра только присутствием в нем небольших количеств летучих веществ — фтора, бора и воды. Третий минерал, обычный для родингита, — эпидот, также богатый кальцием глиноземно-железистый минерал, содержащий воду. Иногда в породе присутствует хлорит — водный магнезиальный силикат, внешне напоминающий слюду, но не упругий и хрупкий. Гроссуляр обычно преобладает, причем интересно, что так же, как и другие минералы этой породы, гроссуляр содержит небольшое количество воды, поэтому его можно называть гидрогроссуляром. Причина такой большой геохимической активности воды заключается в том, что образование родингитов происходит на относительно малых глубинах, где вода стремится войти во все возможные минералы и где кристаллизуются преимущественно водные минералы.

Прослеживая тела родингитов по простиранию, можно увидеть, что они постепенно переходят в габбровые и диабазовые жилы, секущие ультрабазиты. Правильнее сказать, что не родингиты переходят в габбро и диабазы, а габбро и диабазы замещаются родингитами. Гранат, эпидот, везувиан и хлорит развиваются по минералам габбро. Очевидно, история процесса была такой: мagma внедрялась в ультрабазит, обычно в той или иной степени перешедший в серпентинит. Мagma застыла, дав нор-

мальную магматическую горную породу, с одной стороны, и большое количество воды, которая освободилась при прогреве серпентинитов,— с другой. Эти воды начинают взаимодействовать с материалом габбро. Кремний из габбро уходит на соединение с магнием, а кальций и алюминий остаются на месте и формируют новые минералы, бедные кремнием и слагающие родингит. Подобные горячие растворы, циркулировавшие по ультрабазитовому телу, перекристаллизовали серпентин и дали начало демантоиду. Кальций и алюминий для его образования получены растворами из габбро, а железо и хром, если они есть в кристаллах, заимствованы из ультрабазита.

При образовании родингита однородный поликристаллический гранат (иногда с примесью везувиана) может захватить некоторое количество хрома, вследствие чего приобретает очень красивый изумрудно-зеленый цвет. Такие участки зеленой гранатовой горной породы впервые были встречены в Трансваале (Южная Африка); здесь их начали полировать и под именем «жада» (жадента) продавать на юго-востоке Азии, где особенно ценият жадеит. Конечно, очень скоро была выявлена настоящая гранатовая (вернее, гидрогранатовая) природа «трансваальского жада», но термин этот остался и сейчас широко используется. Как «трансваальский жад» используются и окрашенные хромом гранатовые породы и просто зеленые однородные гранатовые скопления. У нас в стране встречалось некоторое количество «трансваальского жада», но постоянной добычи этого полудрагоценного минерала не существует.

Чтобы закончить описание минералов группы граната, надо упомянуть об искусственно получаемых редкometальных гранатах. Особенно легко синтезируются иттрий-алюминиевый и гадолиний-галлиевые гранаты. Они очень хорошо кристаллизуются; крупные однородные кристаллы этих гранатов можно получать в простых «лодочках» с узким концом. Кристаллизация начинается в узком конце многими кристаллами, но в процессе охлаждения узкого конца происходит геометрический отбор, и при выходе кристалла в широкую часть «лодочки» идет кристаллизация единого кристалла. Если в иттрий-алюминиевом и в гадолиний-галлиевом гранате нет никаких примесей, то они совершенно бесцветны и прозрачны, но эти кристаллы, особенно иттрий-алюминиевый гранат, очень хорошо окрашиваются при добавке к ним различных редких элементов. Так, неодим окрашивает эти

гранаты в светлый фиолетовый цвет, эрбий — в светлый фиолетово-розовый, а празеодим — в светло-зеленый. Особенно красив розовый гранат. Ювелиры охотно используют его для вставок в кольца, броши и серьги. Цвет розового иттриевого граната, окрашенного эрбием, исключительно характерен, и ошибиться, увидев ювелирные изделия с вставками из этого граната, практически невозможно.

Гранат считается дешевым камнем, но он ничуть не хуже других ювелирных камней, и бусы из капского или чешского пиропа — удивительно изящное украшение.

## ЛЯПИС-ЛАЗУРЬ, ИЛИ ЛАЗУРИТ

*Алюмосиликат, богатый глином, и относящийся к группе фельдшпатоидов, обладающих добавочными катионами. Характерна интенсивная синяя окраска. Не содержит тяжелых металлов. В качестве добавочных катионов в структуру минерала входят ионы серы и окислы серы. Как считают, именно с присутствием этих ионов связана окраска минерала; твердость 5—6; хорошо полируется. Встречается как контактно-метасоматический минерал. Месторождения известны в Афганистане и на Памире, на озере Байкал в СССР, в горах Чили, в осадках седовых озер США и в ряде мелких месторождений в Канаде, ЮАР и т. д.*

Из современного учебника минералогии

Лазурит, или лазуревый камень, еще и по сие время многими сочинителями и самим Валерием относится к яшмовым породам, куда, однако, по мнению моему, онный не принадлежит потому, что он ни мало не есть кварцевой породой и никаких яшмовых свойств не имеет.

Лазурит есть мягкий, мраморный или известковый (известковый.— В. П.) голубой или синий, драгоценный или полудрагоценный камень, содержащий по большей части в себе колчеданные крапины и жилы с беловатыми или сероватыми шпатовыми пятнами и прожилками; он всегда содержит в себе несколько меди, почему и по справедливости можно его причислить к медным рудам\*. Много употребляют оного (лазурика.— В. П.) на мозаичную работу, в коей он обыкновенно представляет лазурь небесную.

Брикман У. Ф. В. Драгоценные камни.  
Пер. Василия Беспалова. СПб., 1779, с. 173

Наилучший лазурит привозится наипаче из Китая и Персии; бухарцы же привозят его в Оренбург иногда глыбами в один пуд и более весом из Бухарских гор, простирающихся от Каспийского

\* Сей камень ни мало меди в себе не содержит и только из металлических несколько железных частиц в себе имеет. (Приложение переводчика Василия Беспалова.)

моря к востоку. Покойный Лаксман нашел его в соединении с полевым шпатом на южном конце Байкала.

Из него приготавляется также краска, ультрамарином называемая.

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, чи. I, с. 437

Один из московских музеев обратился к автору с просьбой определить природу каменных изделий, собранных при раскопках на территории Украины из различных поселений времени правления киевских князей. Среди этих изделий были преимущественно нательные кресты и иконки, видимо, также использовавшиеся как ладанки. Иконки и многие кресты были вырезаны из известняка, очень похожего на известняки из бассейна Днепра. Материалом служили также углистые сланцы и угли, очень похожие на породы, развитые среди молодых бурых углей Волынского бассейна; было довольно много пирофиллита, явно происходящего из знаменитого Овручского пирофиллитового месторождения. Некоторые кресты оказались сделанными из яшмовидной породы, которая могла быть найдена в галечниках местных рек. Самый красивый и самый большой, но, к сожалению, обломанный с одной стороны крест оказался сделанным из лазурита. Лазурит плохой — отдельные кристаллы лазурита погружены в белую тонкокристаллическую массу, но лазурит несомненный. Единственным местом в мире, откуда человек в древности и в средние века получал лазурит, были месторождения лазурита в горах Бадахшана — Северного Афганистана и отчасти Южного Памира. Это огромное месторождение до сих пор не потеряло своего значения.

Нательный крестик из красивого афганского камня, какой огромный путь ему пришлось пройти и какую громадную ценность он представлял собой здесь, в Киевской Руси?

Изготовить крестик прямо в восточных мусульманских странах невозможно, поэтому вероятнее всего предположить, что лазурит перевезли в виде куска сырого камня и уже здесь, у киевских умельцев, отделали окончательно. Трудно представить себе весь проделанный камнем путь. Можно предполагать перевозку камня северным путем: через пустыни Средней Азии вокруг Каспийского моря с севера и далее через Волжские степи. А может быть, этот путь шел через Персию и Закавказье, Тамань и крымские города. Возможно, что камень Аф-

ганистана перевезли через Индию и Персию в Средиземное море, а отсюда в Византию, и уже оттуда вместе с церковными книгами и христианским учением он попал на восток, в украинские степи.

Как-то раньше, рассматривая камни в экспозициях музеев, где очень часто встречается лазурит, я никогда так не раздумывал о путях торговли драгоценным камнем, о ценности и мобильности камня, как в то время, когда изучал коллекцию украинских находок с обломком лазуритового креста, явно сделанного из афганского минерала.

Лазурит для истории вообще интереснейший камень. Находки лазурита позволяют восстанавливать торговые пути и по ним судить о взаимных связях древних народов. Лазурит использовался на самых ранних этапах человеческой истории, для подтверждения этого можно сослаться на многие музейные экспонаты в наших и зарубежных музеях. Однако значение камня в древнем мире становится яснее, если обратиться к первичным археологическим материалам. Камень в древних памятниках находится почти в тех же условиях, в которых он служил человеку в те далекие времена.

После войны 1914–1917 гг., когда британские войска оккупировали Аравийский полуостров в районе древнего Двуречья по обеим берегам Тигра и Ефрата, начались археологические исследования, проводившиеся британскими и американскими научными учреждениями. В результате был открыт Ур — город-государство, один из древнейших центров человеческой культуры, существовавшей четыре тысячелетия до н. э. Ур оказался богатейшим центром, игравшим огромную роль в древнем мире. Особенно интересны были раскопки кладбища в центре города, которое впоследствии было названо Царским кладбищем. Здесь встречались могилы двух типов; было вскрыто около 2000 индивидуальных могил, принадлежащих простым горожанам и 16 «царских» гробниц.

Могилы простых горожан были довольно бедные, вместе с покойником лежали ожерелья, серьги, пож или кинжал, булавка и цилиндрическая печать, а также пища, питье, оружие и инструменты.

Совершенно иными были царские гробницы. К сожалению, почти все они были ограблены. Изучая ходы грабителей, английский археолог Л. Вулли предположил, что ограбление происходило вскоре после похорон или

даже еще во время похорон. Вот данное Л. Вулли описание одной гробницы, которая не подверглась сильно му ограблению: «В начале раскопа были найдены пять скелетов воинов в шлемах, уложенных бок о бок; у пояса каждого был медный кинжал и две маленькие глиняные чашки. Ниже шла траншея, устланная циновками. Следуя по ним, археологи подошли к группе из десяти женщин, которые лежали двумя ровными рядами. На всех были головные украшения из золота, лазурита и сердолика и изящные ожерелья из бусин. В конце крайнего ряда лежали остатки чудесной арфы, деревянные части которой истлели, но украшения сохранились. Верхний деревянный брус арфы был оббит золотом, в нем держались золотые гвозди, на которые натягивали струны. Резонатор украшала мозаика из красного камня (?), лазурита и перламутра, а впереди выступала великолепная голова быка с глазами и бородой из лазурита. Поперек остатков арфы покоялся скелет арфиста в золотой короне.

Неподалеку от входа в подземный покой стояли деревянные сани, рама которых была отделана красно-белосиней мозаикой, а боковые панели — раковинами и по углам золотыми львиными головами с гривами из лазурита. Верхний брус (перекладину) украшали золотые львиные и бычьи головы меньшего размера, впереди были укреплены серебряные головы львиц. Ряд белосиней инкрустации и две маленькие серебряные головки львиц отмечали положение дышла. Перед санями лежали скелеты двух ослов, а в их головах скелеты конюхов. Сверху лежало бывшее на дышле двойное серебряное кольцо и золотой амулет — фигурка ослика.

Рядом с повозкой была найдена игорная доска. Тут же находилась коллекция оружия и инструментов, а кроме того, большие серые горшки из мыльного камня, медная посуда и золотая питьевая трубка с лазуритовой отделкой — через такие трубки пили разные напитки.

Далее снова человеческие скелеты, а за ними остатки большого деревянного сундука, украшенного мозаичным узором из перламутра и лазурита. За сундуком стояли прочие жертвенные приношения; множество медных, серебряных, золотых и каменных сосудов, среди которых были великолепные вещи из лазурита, обсидиана, мрамора и алебастра.

Каменная могила-усыпальница владелицы гробницы располагалась несколько ниже остальной ее части. Сверху ее покрывал свод из обожженного кирпича. В заваленной части под самым сводом была найдена очень красивая печать из лазурита с именем владелицы — Шуб-Ад.

Внутри каменной могилы в одном углу на остатках деревянных погребальных носилок лежало тело владелицы гробницы. Возле ее руки стоял золотой кубок; верхняя часть тела совершенно скрывалась под массой золотых, серебряных, лазуритовых, сердоликовых, агатовых и халцедоновых бус. Ниспадая длинными нитями от широкого ожерелья воротника, они образовывали своего рода накидку, доходящую до самого пояса. По низу их связывала кайма цилиндрических бусин из лазурита, сердолика и золота. На правом предплечье лежали три длинные золотые булавки с лазуритовыми головками и амулеты: один лазуритовый и два золотых в форме рыбок, четвертый — в виде двух сидящих золотых гавелей.

Основой головного убора, остатки которого покрывали череп царицы, служила широкая золотая лента. Наверху лежали три венка. Первый, свисавший прямо на лоб, состоял из гладких золотых колец, второй — из золотых буковых листьев, а третий — из длинных золотых листьев, собранных пучками по три, с золотыми цветами, лепестки которых отделаны синей и белой инкрустацией. Все это перевязано тройной нитью сердоликовых и лазуритовых бусин. На затылке владелицы был укреплен золотой гребень с пятью зубцами, украшенными сверху золотыми цветками с лазуритовой сердцевиной. С боков спускались спиралью тяжелые кольца золотой проволоки, огромные золотые серьги в форме полумесяца свешивались до самых плеч. К низу убора были прикреплены нити больших прямоугольных каменных бусин. На конце каждой нити висели лазуритовые амулеты с изображением сидящего быка и теленка.

Рядом с владелицей лежал головной убор в виде диадемы из мягкой белой кожи, сплошь расшитой тысячами крохотных лазуритовых бусинок, а по этому густо синему фону шел ряд изящных золотых фигурок животных — оленей, газелей, быков и коз. Между фигурками были размещены гроздья гранатов (по три), плотно укрытые листьями, и веточки какого-то другого дерева с золотыми стебельками и плодами или стручками из золо-

та и сердолика, в промежутках были нашиты золотые розетки и подвески золотой проволоки.

У погребальных носилок, согнувшись, лежали две служанки, одна в головах, другая в ногах; третья служанка лежала чуть поодаль. На головах служанок были надеты венки из золотых листьев и цветов.

Имя владелицы могилы прочли на одном из сосудов, оно было тем же, которое было написано и на лазуритовой печати, лежавшей у входа в могилу: „Шуб-Ад госпожа“.

Для человека, интересующегося камнем или изучающего камень, в этих описаниях, конечно, главный интерес составляют упоминания о драгоценных камнях. Приведенные описания лазуритовых предметов говорят об очень многом. Во-первых, само присутствие лазурита среди драгоценностей могил говорит о том, что уже сорок пять веков тому назад в горах Памира и Афганистана существовала добыча синего камня. Во-вторых, не приходится сомневаться, что и в те времена существовала «международная» торговля и торговые пути, по которым товар мог доставляться за многие тысячи километров. И, наконец, третий вывод — лазурит в те времена ценился, видимо, много дороже золота. В гробницах найдена не лазуритовая голова быка, отделанная золотом, как это сделали бы сейчас, а именно золотая голова, отделанная лазуритом.

Несмотря на его ценность и дальность доставки камня, лазурит, по-видимому, был весьма любимым материалом для украшений того времени. Так, рядом с одной из разграбленных могил в том же районе был найден золотой кинжал в золотых ножнах, рукоять его выполнена из куска лазурита. В другой, тоже сильно разграбленной гробнице был найден так называемый штандарт. Он представлял собой две длинные деревянные доски, скрепленные в виде двухскатной крыши. Предполагают, что его носили перед войсками или над головой воинов. На штандарте на темно-синем фоне из тонких пластиночек лазурита выложены фигуры из подзвеченных раковин. На штандарте выложена серия картинок, изображающих победный бой, угон скота и пленных, а также пир победителей.

Обратимся теперь к Древнему Египту. Камень здесь всегда пользовался большим почетом, и в числе других драгоценных камней часто упоминаются находки лазурита. Ниже приведены несколько цитат из замечательных

описаний драгоценностей фараона Тутанхамона, гробница которого была раскопана в начале нашего столетия английским археологом Говардом Картером.

Для нас особенно интересны драгоценности, которые были надеты на саму мумию, тем более, что многие из этих вещей можно было видеть на выставках Каирского музея в Москве и в ряде других советских городов.

На наружном гробе фараона оказалось выполненное из листового золота скульптурное изображение головы и рук фараона: «Художник великолепно передал лицо со всеми его характерными чертами. Глаза сделаны из арагонита и обсидиана, а брови и веки из лазурита». На шее фараона находились символические ожерелья, воротники двух типов и двадцать амулетов из золота и камня, расположенных шестью слоями; каменные изделия были во втором и четвертом слоях.

Второй слой составляли четыре амулета: первый — «тет» — символ Исида из красной яшмы; второй — золотой « позвоночный столб » Осириса — «джед»; третий — скипетр «уадж» из амazonита; четвертый — амулет, опять «джед» из золота, отделанного фаянсом.

В четвертый слой входили амулет из амazonита, изображающий Тота (бог мудрости, изображается в виде птицы Ибиса или человека с головой той же птицы), голова змеи из красного сердолика, Гор (бог, изображаемый в виде сокола или человека с соколиной головой), Анубис (бог, изображаемый в виде человека с волчьей головой) из амazonита и амazonитовый скипетр — «уадж».

Все амулеты имеют строгое ритуальное значение. По «Книге мертвых», тот, кто носит эмблему Осириса «джед», вступит в царство мертвых, станет есть пищу Осириса и будет оправдан. Эта эмблема должна быть золотой. «Того, кто носит символ „тет“ — пояс Исида — охраняют Исида и Гор». Эта эмблема должна быть из красной яшмы, так как она «воплощает кровь, заклинание и власть Исида». Эмблема «уадж» из амazonита олицетворяет зелень и вечную юность, которую покойник обретет на том свете. Голова змеи из сердолика должна защитить покойника от змей, которыми, как полагали, изобиловал загробный мир.

На груди мумии, от шеи до живота, находилось тридцать пять золотых предметов, один из них, найденный в верхней части груди, — небольшой золотой пектораль (нагрудное украшение) — для нас весьма интересен. Он инкрустирован зеленым стеклом, лазуритом и карнеолом

и прикреплен к шее гибкими полосами из золота и лазурита. Он изображал застывшего в неподвижной позе коршуна. Ниже на груди мумии находился другой пектораль в виде трех скарабеев (священных жуков) из лазурита, которые поддерживают эмблему неба, диски солнца и луны.

В одеяния, покрывавшие грудь и живот мумии, были вложены двенадцать перстней, сделанных из массивного золота, лазурита, матово-белого камня (кахолонга.—*В. П.*) и зеленого хелцедона, бирюзы и черной смолы (вероятно, гагат.—*В. П.*). Оба предплечья от локтей до запястья украшены браслетами, причудливо составленными из скарабеев и ажурных пластинок из карнеола.

Из других драгоценностей, находившихся вне мумии, нужно упомянуть о головном уборе, единственном сохранившемся в специальном ящике для головных уборов. Убор был сделан из тонкой льняной ткани, украшенной вставкой из золотого, лазуритового, сердоликового и амазонитового бисера.

Вообще же в ювелирных изделиях, найденных в гробнице Тутанхамона, определены: аметист, бирюза, лазурит, кальцит, сердолик, халцедон, амазонит, кварц, отмечен и еще какой-то оливково-зеленый непрозрачный минерал. Описывая камень, найденный в гробнице, мы не останавливались на описании огромного количества мягкого камня — алебастра, стеатита и других, которые очень широко использовались для изготовления ритуальных сосудов, статуй богов и различных изображений.

К описанию египетских древностей можно сделать почти те же замечания, что и к драгоценностям Ура. Количество привозного камня здесь даже увеличилось. Характерно использование большого количества непрозрачных цветных камней.

В России интерес к лазуриту возник в период строительства Петербурга и его украшения, особенно в период царствования Екатерины II, которая очень любила лазурит и приказывала покупать его на всех восточных рынках. Лазурит Афганистана поступал тогда в Россию через Кяхту и Китай, но, пожалуй, главную массу лазурита привозили сюда бухарские купцы.

Большим событием того времени было открытие месторождений лазурита в районе южной оконечности Байкала. История этого события точно неизвестна. Впервые в 1817 г. о находке лазурита на Байкале официально известил Петербург знаменитый исследователь Сибири

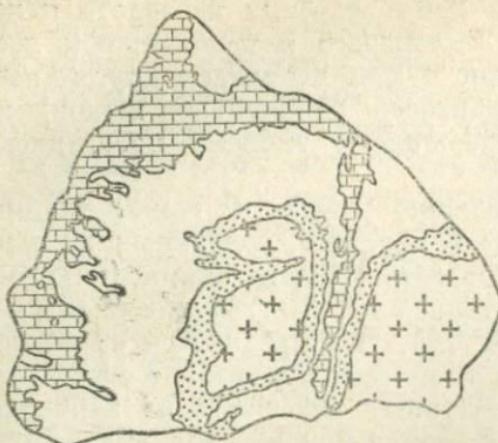


Рис. 13. Зарисовка образца лазурита (см. вклейку). Крестики — реликт гранита; точки — зона со скаполитом; белое — лаурит; кирпичики — кальцит

Эрик Лаксман, который в письме академику П. С. Палласу писал: «По р. Слюдянка, или в простонародии Карча, прекрасный белый мрамор встречается во многих местах, а в соединительных породах, где гранит примыкает к мрамору, проступает ляпис-лазурь, по всей речке около 35 верст длиною находят валуны этой синей породы».

Несколько иначе описывает в 1862 г. это открытие минералог А. Ушаков. Он пишет, что «академик Лаксман в конце семисотых годов, проезжая в Туику, получил от крестьянина Войнова небольшой кусок лазуревого камня, округленный водой в русле реки Слюдянки». По данным А. Е. Ферсмана, проводившего специальное изучение архивов Академии наук, сведения о находке валунов лазурита Войновым или звероловом из Иркутска Лапшиным дошли до начальника горной экспедиции генерала Соймонова, который доложил об этом Екатерине II, а уже она распорядилась предоставить Лаксману средства для дальнейших поисков.

Так или иначе, но с того времени, как появилось сообщение Э. Лаксмана, начались исследования Слюдянки и поиски здесь коренных месторождений, которые долго не находили, хотя, как мы видели, уже Э. Лаксман вполне точно определил геологическое положение лазурита, залегающего по границе мрамора и гранита (рис. 13).

История поисков лазурита в середине XIX в. хорошо описана А. Е. Ферсманом. Главным событием этих поисков было открытие коренного месторождения лазурита, которое А. Ушаков описывает так: «В 1848 году поселенец Култукского селения Чикаев, отыскивая слюду, успел открыть небольшой кусок лазуревого камня в

горе, сопровождающей слева долину р. Талой, в 7 верстах от селения Култука. Кусок этот был представлен начальству, но, как иногда случается, оставлен без внимания... Иркутский купец Пеленков, услыхав о находке Чикаева, послал от себя разведочную партию и, открыв вторично это месторождение, добытые куски представил начальству, за что и был награжден медалью и от себя же вознаградил бедняка Чикаева, пришедшего поздравить его, полутора рублями медью...» Написаны эти строки в 1862 г., т. е. через 10—14 лет после происшествия, и мы можем их с полным правом считать свидетельством очевидца.

Огромное значение для освоения месторождения имела интенсивная проспекторская работа знаменитого Григория Пермикина, начавшаяся на Слюдянке в 1851 г. За время своей деятельности Пермикин фактически открыл почти все известные сейчас месторождения лазурита и начал их интенсивную разработку.

По архивным данным, найденным А. Е. Ферсманом, на Слюдянке в те годы было добыто (в пудах):

1851 г. — 17	1858 г. — 548
1852 г. — 33	1861 г. — 293
	(и еще 707 худшего)
1853 г. — 15	1862 г. — 524
1854 г. — 230	1863 г. — 100
1856 г. — 83	1864 г. — 39,5
1857 г. — 127	с 1870 — 1872 гг. — около 100

Всего с 1851 по 1872 г. было добыто 2110 пудов (34 т). Качество слюдянского лазурита было в общем ниже, чем афганского, и он все время продавался примерно в десять раз дешевле последнего.

Лазуритовые изделия очень широко представлены в Эрмитаже и в других музеях нашей страны. Как и малахит, лазурит использовался при изготовлении крупных изделий по методу русской мозаики. Конечно, при этом не требовалась такая тщательная подборка структурного рисунка, как это делалось для малахита.

Самыми замечательными изделиями из лазурита в пределах нашей страны, конечно, являются знаменитые колонны Исаакиевского собора. Это русская мозаика из густо-синего однородного лазурита типа «звездной ночи», где на фоне голубого камня видны многочисленные золотистые блестки пирита. Известно, что первоначально

предполагалось изготовить колонны из слюдянского лазурита. В сущности, это так и было сделано, но архитектору Монферрану, строившему Исаакиевский собор, эти колонны «не понравились», и они были сделаны заново из афганского (бадахшанского) лазурита, а колонны, уже изготовленные из слюдянского лазурита, оказались в доме самого Монферрана на Мойке.

После революции месторождения лазурита на Слюдянке в первые годы не привлекали к себе внимания. Только в середине 30-х годов, проведены были наиболее важные геологические исследования. Сначала это было весьма точное описание геологического строения всего района, составленное академиком С. С. Смирновым, и его минералогии, проведенное профессором П. В. Калининым, а затем подробное описание лазурита, сделанное минералогом Н. В. Воскобойниковой. Далее, уже в середине 30-х годов, академиком Д. С. Коржинским было проведено физико-химическое рассмотрение условий генезиса лазуритовых месторождений, которое во многом осветило их природу.

После Великой Отечественной войны, когда закончился первый этап восстановления народного хозяйства, разрушенного войной, был создан сначала трест «Русские самоцветы», а затем специальные производственные объединения, в руках которых была сосредоточена добыча самоцветного сырья. Конечно, на месторождения лазуритов Слюдянки было обращено большое внимание. Сейчас на одном из самых крупных месторождений Слюдянской группы — на Мало-Быстринском месторождении — существует рудник, где ведется добыча этого исключительно красивого материала.

Говоря о развитии исследований лазуритовых месторождений, нельзя не упомянуть еще и о вторичном открытии памирских месторождений. Ни у кого сейчас нет сомнений, что наряду с афганскими месторождениями Памира снабжали древний мир синим камнем. Однако расположенные южнее афганские месторождения более богаты, и уже давно все внимание промышленников было направлено на эксплуатацию именно этих южных месторождений. На Памире от тех времен, когда здесь велась добыча лазурита, остались только предания и названия некоторых речек и вершин, где упоминается лазурит (Ляджвар, Лазавард и т. д.).

В 30-х годах нашего столетия были организованы первые таджики-памирские экспедиции Академии наук,

задачей которых было развитие всех производительных сил этой страны, поэтому исследователи не могли не обратить внимание на лазурит. Тогда начались поиски, увенчавшиеся блестящим успехом — старинное месторождение было найдено и нанесено на карту. Поиском месторождения лазурита занимался отряд геолога Г. Л. Юдина. В этом отряде сотрудником был тогда еще начинающий писатель П. Лукницкий. Об истории поисков камня, стычках с басмачами и всех перипетиях геологических работ тех лет в Средней Азии П. Лукницкий написал несколько очень интересных очерков, неоднократно переиздававшихся впоследствии. Бряд ли стоит их здесь цитировать. Эти очерки написаны очень подробно и очень интересно, их стоит прочесть в оригинале\*. Впервые, еще до опубликования, примерно в 1930 г., П. Лукницкий их читал на научном собрании в Ленинграде в Минералогическом музее. Насколько я помню, председателем собрания был академик А. Е. Ферсман, тут же за столом сидели уже довольно пожилой академик В. И. Вернадский, а также молодой геолог, будущий академик Д. И. Щербаков и много молодежи — студентов и сотрудников только еще начинавшихся широких экспедиционных работ Академии наук. Все мы с большим интересом следили за неожиданными поворотами судьбы поискового отряда. Известные более поздние памирские повести П. Лукницкого написаны в значительной степени на основе впечатлений этого года.

Постоянной разработки лазурита на Памире сейчас нет, но сезонная — летняя экспедиционная добыча — здесь ведется и дает промышленности довольно много прекрасного камня.

Кроме основного своего применения в качестве украшения, лазурит в древности и особенно в средние века нашел еще один вид использования — в качестве синей краски. Валерий в своем учебнике минералогии, опубликованном в русском переводе в 1763 г., пишет: «Нежной и высокой цвет имеющая лазуревая краска, которая делается из истолченного намелко лазуревого камня и употребляется к раскрашиванию и к живописному делу». Краску эту назвали ультрамарином — «заморской», и, как можно прочесть в некоторых руководствах, ни одна другая краска не передает так голубизну неба и все его оттенки, как ультрамарин.

\* П. Лукницкий. За синим памирским камнем. М.: Сов. писатель, 1955.

Валерий описывает сложную методику производства ультрамарина из лазурита: прокалку лазурита, при которой цвет минерала становится гуще, его дробление, отмывание в различных маслах и в воде и растирание с разными лаками. Естественно, что краска эта была в полном смысле слова на вес золота и относилась к тому типу красок, которые «хозяин выдавал живописцу строго по норме». Сообщается, что в начале XIX в. стоимость килограмма ультрамарина во Франции была примерно 3000 франков, что было огромной суммой.

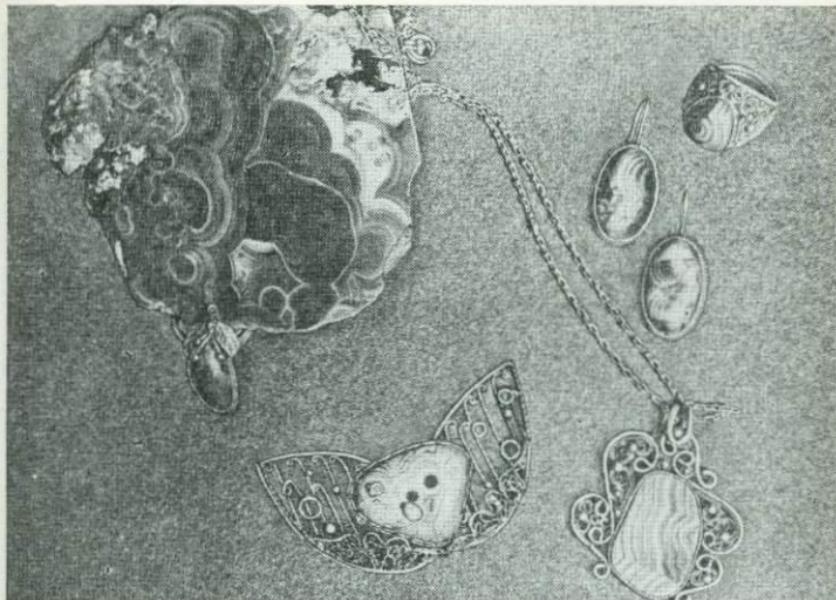
Вместе с тем краска эта была весьма хороша и ее требовалось все больше и больше, но, вероятно, она была бы до сих пор весьма дорогой, если бы в начале прошлого столетия не был изобретен способ синтеза ультрамарина (лазурита). История разработки метода синтеза ультрамарина является прекрасным примером важности мелких наблюдений и торжества научного прогноза. Еще в конце XVIII в. в печах для обжига извести и печах содовых заводов наблюдалась синие стекловатые продукты, из которых даже изготавливались украшения. В частности, такие продукты в 1787 г. в Палермо видел Гёте. Подобные же образования в 1814 г. собрал некий Тассээр с пода печей содовых заводов в Сен-Гобене во Франции. Было установлено, что синяя масса образуется только в том случае, если печь футерована силикатами. Тассээр передал это вещество для исследования знаменитому французскому химику Луи Воклену. Исследование, проведенное Вокленом, показало, что этот синий продукт имеет совершенно такой же состав, что и природный лазурит. В заключение своего исследования Воклен отметил возможность синтеза этой очень ценной краски.

Основываясь на прогнозе Воклена, Общество поощрения национальной промышленности в Париже в 1824 г. объявило конкурс, условия которого были разработаны Гей-Люссаком, со значительной для того времени премией в 6 тыс. франков. Сискатель должен был разработать метод получения краски со стоимостью ее не более 300 франков за килограмм.

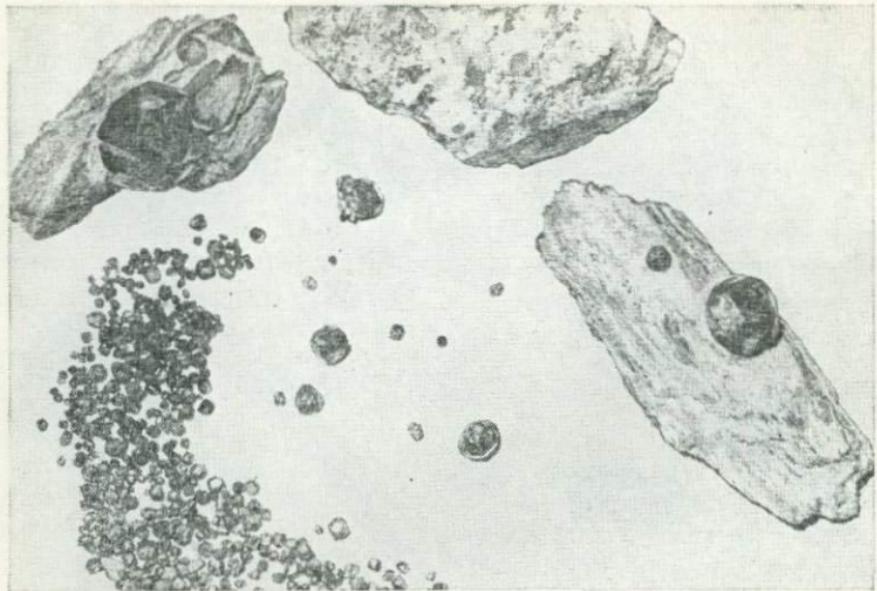
3 февраля 1828 г. французский предприниматель Ж. Б. Гимэ из Тулузы сообщил в Парижскую академию наук о том, что он еще в 1826 г. разработал метод получения ультрамарина. Подобное же заявление подал Л. Гмелин, немец из Тюбинга, но от 22 марта 1828 г. Методика синтеза ультрамарина, предложенная последним, резко отличалась от метода Гимэ, но поскольку



Изделия из нефрита



Современные изделия из малахита



Кристаллы альмандин и ювелирные альмандины из россыпей



Кристалл топаза (Волынь) и ювелирные изделия из украинского топаза. Характерно, что кристалл с поверхности не имеет границ: они растворены в процессе выветривания волынских гранитов



Нефритовая глыба в императорском дворце в Пекине



Изделие из наньянского камня — шидза — ритуальный лев

Старинное изделие  
из китайской бирюзы.  
Тибет

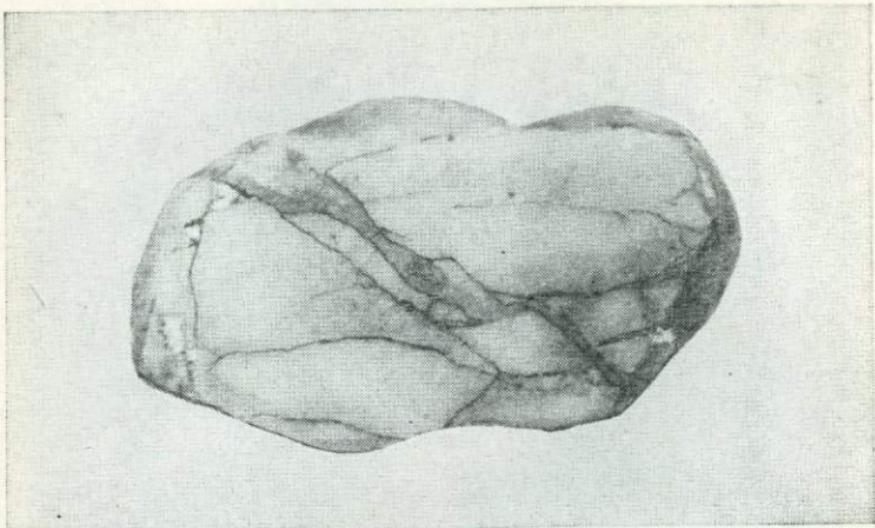


Череп, украшенный  
бирюзой. Из индейских  
могильников в штате  
Нью-Мексико

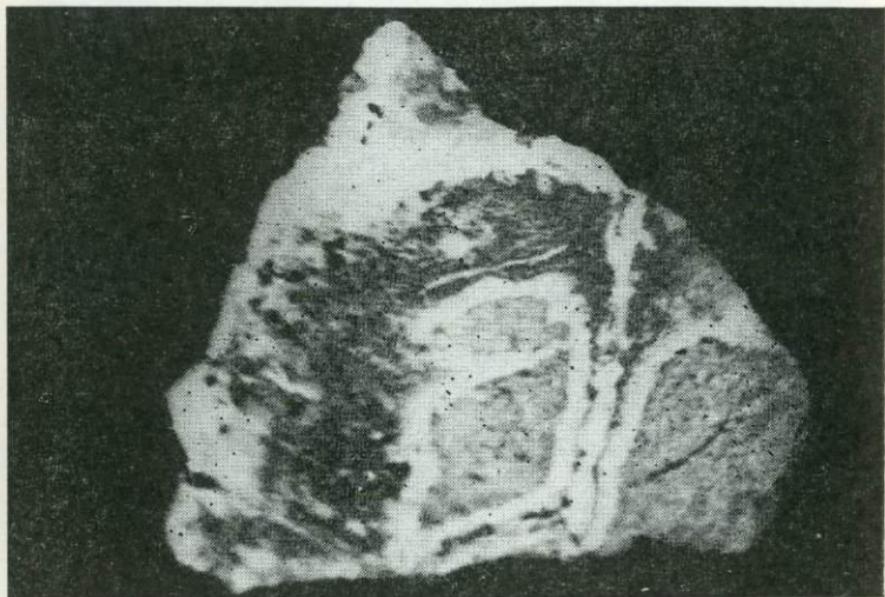




Жадентовий Будда (шанхайський храм Жадентового Будди)



Жилка бирюзы в измененной породе. Средняя Азия



Выделение лазурита по трещинам и по границам гранита и известняка



Современные изделия из китайской бирюзы



Лира из «царских могил» города Ура (3 тыс. лет до н. э.) (фрагмент). Лира деревянная, отделана золотом и лазуритом; голова быка золотая, инкрустирована лазуритом



Курильница из наньянского камня

последний имел приоритет, то премию получил Гимэ. В 1831 г. Гимэ основал в окрестностях Лиона завод ультрамарина, который существует до сих пор. Примерно в те же годы был построен завод в Германии, и цена ультрамарина снизилась в пятьсот раз — до 6 франков за килограмм. Сейчас во всем мире существует большое количество заводов, изготавливающих ультрамарин.

Первоначально существовало два метода синтеза ультрамарина. Первый — сульфатный, при котором шихта составляется из каолина, сульфата натрия и угля или каменноугольного пека в качестве восстановителей. Второй метод — содово-серный; шихта в этом случае состоит из каолина, соды, серы и восстановителя — угля или какого-либо другого органического материала. Синтез велся двухступенчато. После первого обжига получался зеленый продукт, который при повторном обжиге с небольшой добавкой серы превращался в синий ультрамарин. Этот ультрамарин по своему химическому составу полностью соответствовал природному лазуриту.

Позднее было обнаружено, что если дать в шихту избыток серы и несколько увеличить содержание кремния, то за один прием можно получить ультрамарин с очень яркой окраской, содержащий больше кремния и серы, чем они присутствуют в природном лазурите. Сейчас готовится только такой многосернистый и многокремнистый ультрамарин. Применяемая сейчас шихта содержит примерно поровну (по 35%) каолина и серы; около четверти всей шихты составляет сода и по 4% — восстановитель — уголь или каменноугольный пек — дополнительная кремнекислота, которую, как пишут, лучше всего вводить в форме рыхлой горной породы — диатомита — сконцентрированных скелетов одноклеточных водорослей, образующих залежи в вулканогенных областях. Добавляется небольшое количество едкого натра. Как видим, в этой шихте очень большой избыток щелочей и серы, но без этого, как говорят, получить хороший продукт невозможно.

Шихта после дробления и тщательного перемешивания помещается в небольшие пористые шамотные тигли (в каждый 3—7 кг), закрывается крышкой. Пространство между крышкой и тиглем замазывается огнеупорной глиной. Тигли помещаются в печь вниз крышкой (шихта, спекшись в таком положении, закроет промежуток между крышкой и тиглем, и сера будет меньше лететь в воздух). В большую печь входит до 2000—2500 тиглей.

Обжиг ведется в три этапа; за 18–30 ч температуру печи доводят до 700–750°, все время поддерживая восстановительную атмосферу. При максимальной температуре шихту выдерживают 2–3 ч, пока не получится зеленый полупродукт. Дальнейший процесс получения синего ультрамарина идет только при температуре ниже 500°, поэтому сильным током воздуха печь за 8–10 ч охлаждается до этой температуры, а затем печь и дутье закрывают и 10–15 дней ведут «томление» краски. Так как при этом идет небольшое окисление материала, то в атмосфере печи тщательно поддерживают содержание свободного кислорода в 2–3%, то подпуская воздух, то удаляя кислород, сжигая некоторое количество топлива.

Весьма важно подчеркнуть, что формирование искусственного лазурита идет при температурах только ниже 500°. Это очень важный факт, позволяющий понять многие детали образования естественного лазурита. Полученный после обжига продукт крайне своеобразен. В нем содержится от 25 до 35% солей (сульфат натрия, гипосульфит) и только остальное — лазурит. Синтезированный таким образом лазурит довольно мелкий, в нем только 20–30% кристаллов образуют зерна размером 0,1–0,2 мм, остальная большая часть синтезированной краски сложена зернами, не превышающими единичных микрометров.

Для геолога крайне важно в синтезе лазурита-ультрамарина то, что он идет только в условиях очень большого избытка солей. Как будет видно далее, ассоциация лазурита с солями в природе весьма примечательна.

Дальнейшая обработка полупродукта — спека — заключается в тщательной промывке спека теплой водой для вымывания из него всех растворимых солей, а затем его дроблении и фракционировании с целью отмычки ультрамарина от всех непрореагировавших остатков шихты, в первую очередь каолина. Остается еще сортировка и упаковка продукта, после чего он готов к использованию.

Делались опыты по получению красок типа ультрамарина, но иных цветов; среди них нашел некоторое применение только фиолетовый ультрамарин, который получается при 24-часовом обжиге синего ультрамарина в 5%-ном хлористом аммонии при 150° С. Розовый ультрамарин получается из синего при обработке последнего сухим хлористым водородом в окислительной среде при 150–180° С. Розовый оттенок получается при экспозиции пигмента на воздухе. Нагревая розовый ультрамарин до

360°, можно получить желтую краску. Указывается, что «селеновый ультрамарин» имеет кроваво-красный цвет. Ничего этого промышленностью пока не выпускается. Остается только мечтать, что будет создана серия разнообразных очень прочных силикатных красок.

Следует обратить внимание еще на одну особенность синтеза ультрамарина. В литературе указывается, что делались опыты использования нефелина, минерала наиболее близкого по химическому составу к лазуриту, как компонента шихты для синтеза ультрамарина, но эти опыты оказались неудачными. Наоборот, длительный нагрев ультрамарина ведет к потере серы и кристаллизации бесцветного нефелина. Это можно рассматривать как еще одно доказательство того, что лазурит устойчив только при относительно низких температурах.

И, наконец, последний вывод. До опытов синтеза ультрамарина не предполагались различия состава природных лазуритов, синтез же очень отчетливо показал существование разных по составу продуктов. Видимо, минералогам следует учесть это и тщательно изучить различные по оттенку лазуриты. Описываются иногда фиолетовые и светло-голубые разности. Видимо, это может быть следствием различий в химическом составе; может быть, даже само отличие лазурита из разных месторождений также является следствием тонких различий состава. Если бы удалось разгадать, почему афганский лазурит обладает прекрасным темным цветом, а чилийский светлый и гораздо менее красивый, то можно было бы раскрыть многие секреты природы.

Ультрамарин — синяя краска — синтезирован, но крупнокристаллический плотный агрегат — драгоценный лазурит — пока еще никем не получен. По многим примерам известно, что получение крупных кристаллов часто представляет весьма большую трудность, иногда это даже труднее, чем синтез вообще. Очевидно, синтез крупнокристаллического драгоценного лазурита — это задача будущего.

Для минералога лазурит представляет собой большую и еще не совсем расшифрованную загадку. Во-первых, необычен химический состав лазурита. Прежде всего это силикат, т. е. минерал, основу которого составляют кремний и кислород. Обычно в силикаты входят глиноzem и различные щелочные и щелочноземельные элементы. Все это характерно и для лазурита, но, кроме того, в состав лазурита входит сера — элемент, совершенно не свойст-

венный силикатам; это уже неожиданно, и положение ее в общей структуре этого силиката пока не ясно.

Второй загадкой лазурита является его цвет. Силикаты, как правило, совершенно бесцветны. Окраску им, всегда очень слабую, придает примесь тяжелых металлов, или, как их иногда называют, «хромофоров». Особенно сильным хромофором является хром, придающий зеленую или красную окраску гранатам, зеленую окраску — изумрудам. Несколько менее интенсивную окраску силикатов вызывает железо, как в окисной, так и в закисной формах. Окисное железо окрашивает обычно силикаты в желтый или красно-бурый цвет. Такую окраску можно было видеть на примере полевых шпатов Мадагаскара. Закисное двухвалентное железо окрашивает силикаты обычно в синевато-зеленый цвет. Прекрасный пример этого — окраска аквамарина. Для медных соединений характерна яркая зеленая окраска. Эта привычная связь окраски и содержания в минерале тяжелого элемента, видимо, и была причиной того, что в приведенной в заголовке цитате из сводки Брикмана говорится о содержании меди в лазурите. Совершенно прав был Василий Беспалов, указывая на полное отсутствие меди в лазурите, но, в свою очередь, и он ошибался — лазурит, как оказывается, тоже может совершенно не содержать железа.

Единственной остающейся возможностью является предположить связь цвета лазурита с присутствием в нем серы. Однако и это предположение в высшей степени неожиданно; хромофоры везде проявляют свою способность окрашивать бесцветные вещества, если они входят в эти вещества, сера же входит в состав очень многих минералов, не содержащих хромофоров, и везде и всегда эти минералы бесцветны, а часто и прозрачны. Можно вспомнить здесь хорошо известные всем квасцы или английскую соль, куда сера входит в довольно больших количествах. Сказанное заставляет предположить, что цвет вызывает необычное ионное состояние серы, входящей в структуру минерала. Конечно, это только предположение, и необходима еще большая научная работа, чтобы доказать его. Пока же все имеющиеся факты с ним согласуются.

Природа силикатов во многом зависит от условий, в которых эти минералы образуются. В тех случаях, когда в данном месте в природе хватает и кислорода, и кремния, оба эти элемента могут соединяться между собой, давая единую кристаллическую постройку, пред-

ставляющую собой бесконечный каркас, полностью и равномерно заполняющий пространство; так кристаллизуется минерал кварц. При дефиците кремния в каркасе на его место может стать алюминий, но первый — четырехвалентен, а второй — трехвалентен. Ненасыщенная четвертая валентность кислорода, которая ранее уравновешивалась кремнием, здесь должна удовлетворяться щелочным элементом. Наиболее часто это бывает натрий; образуется весьма распространенный минерал — альбит. Натрий находит себе место в каркасе, но, правда, при этом форма каркаса несколько искажается. Еще больший дефицит кремния ведет к замещению двух его атомов на алюминий. Остаются две свободные кислородные валентности, которые могут заместиться или одним кальцием, если он есть в растворе, или двумя ионами натрия. В первом случае формируется минерал аортит, а во втором — нефелин. Ну, а если в данном месте кремнекислоты не хватает и для создания нефелина мало и алюминия — как природа поступает тогда? Отказывается от энергетически очень выгодной каркасной структуры? В ряде случаев — да, но и каркасная структура еще имеет ряд возможностей.

В межкаркасных пустотах можно поместить еще некоторые группы элементов, сами по себе нейтральные. Это может быть хлористый или сернокислый натрий, сернокислый кальций и т. д. Входя в каркас, эти соединения меняют свойства минералов и, что, пожалуй, сейчас для нас наиболее важно, затрудняют прохождение света через эти кристаллы. Однако, чтобы получить окраску, такие минералы (гаюин, содалит, нозеан и другие) должны подвергнуться радиоактивному облучению. В недрах всегда имеется очень слабая радиоактивность, которая в течение очень большого срока существования минерала успевает его «зарядить». И надо сказать, что цвета минералов этого ряда иногда очень красивы. Так, гаюин может быть ярко-синим, небесно-голубым, красным и желтым. К сожалению, окраски эти весьма неустойчивы и исчезают в ряде случаев просто при стоянии минерала на свету.

Лазурит относится к минералам именно этой структурной группы, и по составу, и по структуре он весьма близок к гаюину, но цвет лазурита весьма устойчив. Даже в тончайшем порошке он обладает очень прочным ярким синим цветом. Исследователи полагают, что причиной этого является появление нескомпенсированных

заряженных ионов в гаюине, вызванных радиоактивным облучением, а в лазурите — обуславливается его кристаллизацией. Многое здесь, конечно, не ясно, но совершенно очевидно то, что если удастся полностью понять структурную и химическую причины появления устойчивой очень яркой окраски лазурита, то это сулит расшифровку генезиса многих веществ и позволит получить многие разновидности силикатных красок.

Обратимся теперь к месторождениям лазурита в природе. Самым интересным среди них, пожалуй, является месторождение в США, в свите Грин-Ривер. Здесь нет ни крупных кристаллов лазурита, ни крупных его синих кусков, из которых можно было бы сделать хотя бы брошку или вставку в кольцо. Здесь открыты только мельчайшие, с трудом различимые под микроскопом зерна. Их размеры всего лишь 5–15 мкм, но для геолога эти находки полны глубокого смысла, так как открывают многие тайны условий образования этого минерала.

В центральной части США, главным образом на территории штата Вайоминг и отчасти в штатах, расположенных к югу и востоку от него, развита очень своеобразная толща пород, сложенная осадками многих, длительно существовавших здесь (40–45 млн. лет тому назад) озер. Свиту эту по речке, где впервые описаны слагающие ее породы, назвали свитой Грин-Ривер (зеленой рекой). Сначала на эту свиту обратили внимание ученые. В ней оказались многие минералы, которые ранее встречались только в магматических породах, но условия нахождения этих минералов и их весьма совершенные кристаллические формы свидетельствовали, что минералы эти образовались именно в этой свите. В числе редких вообще минералов в этой толще оказались трона — водосодержащий содовый минерал и давсонит — углекислый натрий и алюминий. Преобладают же в свите сильно битуминозные глинистые сланцы.

Дальнейшие исследования показали, что трона иногда вместе с солью образует довольно мощные слои. Свите заинтересовались промышленные фирмы, началась разведка, которая показала, что запасы содового сырья здесь огромны. Сейчас в Вайоминге существуют крупные рудники, дающие США значительную часть всей потребляемой этой страной соды. Дальнейшие исследования показали, что сами битуминозные сланцы свиты представляют ценнейший источник энергетического топлива; было выявлено, что давсонит тоже образует круп-

ные пласти, что из него очень легко получить алюминий и что запасы такого алюминия в свите Грин-Ривер соизмеримы с мировыми ресурсами алюминия в других алюминиевых рудах. Изучение свиты Грин-Ривер может быть примером, когда исследования, начатые как чисто теоретические, в конце приносят огромный практический результат.

В процессе разведки свиты Грин-Ривер из одной буровой скважины был извлечен столбик породы (керн), где были синие пятна. Разведчики не сумели определить этот минерал и передали его для изучения известному американскому исследователю глини У. Бредли, который, применив ряд очень «хитрых» методов, сумел показать, что в куске среди троньи и соли образовались листочки талька и крохотные кристаллики лазурита. Кристаллы лазурита использовали для своей постройки весь глиноzem, который был в растворе, тальк — оставшуюся кремнекислоту и магний. Крайне характерно, что весь процесс образования лазурита шел в условиях очень большого избытка щелочей, что, как мы видели, типично и для условий искусственного синтеза этого минерала. Очень примечательно также, что кристаллизация лазурита в Грин-Ривер происходила при относительно низких температурах. Все это свидетельствует о том, что для получения лазурита необходимо только существование своеобразной физико-химической среды. Редкость лазурита, таким образом, обусловливается именно редкостью этих условий.

Лазурит является очень заметным и интересным минералом, и поэтому можно думать, что большинство имеющихся на земле месторождений этого минерала уже известно. В Канаде лазурит, как предполагают, образовался при метаморфизме слоев ангидрита, переслаивавшихся с глиной. Мелкие, очень плохо изученные месторождения лазурита отмечаются в ЮАР, Индии, Бирме и еще в некоторых местах США. Крупных же месторождений только три: Афганистан и Памир, которые можно рассматривать как единое месторождение; Слюдянка, об открытии которого выше было рассказано, и, наконец, месторождение в высокогорной восточной части Чилийских Анд. Здесь эксплуатируется месторождение Карен, в истоках реки Рио-Гранде на высоте 4500 м над уровнем моря. Количество добываемого здесь лазурита довольно велико, но качество, к сожалению, не очень высокое. Достаточно указать, что стоимость

чилийского лазурита примерно в десять раз ниже, чем стоимость афганского материала.

Из трех крупных месторождений лазурита наиболее изучено Слюдянское месторождение, которое наиболее доступно. Афганские и памирские месторождения изучались советскими специалистами, и сейчас можно уверенно говорить об их идентичности Слюдянскому месторождению. Очень немногие данные, имеющиеся в литературе по месторождениям Чили, также говорят об их аналогичности месторождениям Слюдянки.

Район реки Слюдянки, впадающей в оз. Байкал у самого южного его конца, слагают древнейшие на земле архейские породы. Образовались они примерно 3 млрд. лет тому назад и за это огромное время претерпели очень большое количество изменений, и сейчас, изучая их на дневной поверхности, можно отчасти восстановить их историю. Прежде всего, можно уверенно говорить, что после своего образования эти породы были погружены на глубины 25–30 км, где господствовали температуры 600–800°С и давление 6–9 тыс. атм. Можно предположить, что это погружение сопровождалось накоплением над слюдянской толщей больших масс более молодых осадков, но позднее при обратном подъеме слюдянской толщи к дневной поверхности все это было смыто полностью.

Сильные изменения, которые слюдянские породы претерпели, позволяют делать только некоторые предположения о их первоначальном составе. Сейчас среди всех пород, слагающих Слюдянский архей, можно выделить нижнюю толщу, где преобладают силикатные породы, и верхнюю, где наибольшим распространением пользуются карбонаты. По характеру взаимоотношений между породами, иногда встречающимся прослойкам песчанистых и карбонатных пород предполагается, что нижняя часть первоначально образовалась как морской осадок, в котором преобладал вулканический материал, и только небольшие прослои образовали нормальные морские осадки.

В верхней части толщи, наоборот, преобладают карбонатные породы, известняки и доломиты с большим количеством первоначально песчанистого материала. Все это позволяет предполагать, что при образовании этой верхней слюдянской толщи в море, существовавшем 3 млрд. лет тому назад, господствовало нормальное осадкообразование, а вулканические извержения были относительно редки.

В период самого глубокого погружения осадки архейской толщи находились при таких параметрах температур и давлений, когда наиболее легкоплавкие части горных пород уже могут расплываться с образованием гранитной магмы. По-видимому, в некоторых слюдянских породах это и происходило. Возникшая гранитная магма частично затвердела в месте своего образования, создав гнейсовые толщи, а частично — внедрилась в выщележащие карбонатные породы, где и застыла, образовав жилы гранита и пегматита. Карбонат является породой, исключительно бедной кремнеземом. Углекислый магний и углекислый кальций, слагающие карбонатные слои в условиях высоких температур, стремятся взаимодействовать с кремнеземом с образованием соответствующих силикатов. Это стремление настолько велико, что некоторые жилы гранита обедняются кремнеземом и вместо кварца и полевого шпата, нормально присутствующего в граните, кристаллизуются нефелин или даже гаюин.

Подъем Слюдянского района с огромных глубин, на которых шло изменение пород и внедрение гранитных жил, происходил, видимо, довольно медленно, но далеко не спокойно. Слои пород, слагающих район, претерпели многочисленные изгибы, растяжения и сжатия. При этом весьма сильно сказывалась пластичность пород. В условиях изгиба пород, что происходило при повышенных температурах и давлениях, мрамор оказался значительно более пластичным, чем гранитные жилы, поэтому гранитные жилы раскалывались на отдельные блоки и получали многочисленные трещины; мрамор же тек как пластичная масса, затекая в трещины между разорванными блоками гранита.

Следующий этап образования месторождения имеет место при еще более низких температурах, когда в толще мраморов циркулировали пропитывавшие их воды, температура которых в общем соответствовала температуре всей толщи. Гранит, слагающий жилы, неравновесен с вмещающим их доломитовым мрамором. Доломит — это двойная углекислая соль магния и кальция. В граните же довольно обильны кремнезем, глиноzem и, конечно, калий и натрий. При относительно высоких температурах, где устойчивы силикаты, а не карбонаты, такие минералы не могут находиться совместно. Происходит, как назвал Д. С. Коржинский, «биметасоматический» процесс. За счет окиси магния и кальция, доломитового мрамора и кремниевой кислоты гранита кристаллизуется

диопсид — силикат кальция и магния, щелочи же и глиноzem, освобождающиеся при этом из гранита, вместе с тем же магнием доломита обычно дают флогопит — главную достопримечательность Слюдянки. Слюда здесь добывалась многие годы, начиная с глубокой древности. Еще дальше от гранита располагается зона кальцитового мрамора — это тот доломит, который потерял магний, пошедший на образование флогопита.

В некоторых слоях Слюдянского района исследователи встречаются с полной неожиданностью. Вместо зоны слюды вокруг обрывков гранитных жил попадаются зоны густо-синего лазурита. Химически картина образования лазуритовой зоны очень близка к химической картине образования слюдяной зоны. Так же как и в слюде, в лазурите концентрируются глиноzem, немного кремнезема и щелочи из гранита, т. е. все то, что не пошло на формирование диопсида в первой зоне, но вместе с этим здесь концентрируется и сера, причем, судя по всему, серы здесь довольно много. В ряде случаев сера не только связывается с кремнеземом и щелочами в лазурит, но и с железом. В случае слюды железо входит в состав слюды, а лазурит железа не содержит, и железо с серой дает свой золотистый минерал — пирит. Образуется тот совершенно замечательный по своей декоративности очень дорогой сорт лазурита, который носит название «звездного неба», где на фоне густо-синего лазуритового «ночного неба» блестят яркие золотистые кристаллики пирита — «звезды», рассыпанные по «небу».

Источник серы при образовании лазурита является еще одной геологической загадкой лазурита. Самое простое «упрятать» загадку в недра. Обычно геологи так и делают: серу принесли с собой из недр растворы, вызвавшие изменение гранита. Такое утверждение опровергнуть крайне трудно; ни состав растворов, ни их источник, ни пути, по которым они двигались, совершенно неизвестны, и здесь широкое поле для фантазирования. И в работах ряда исследователей, склонных к фантазии, растворы могут сделать буквально все — они всемогущи.

Нужны детальные и очень точные исследования, чтобы точно понять роль растворов и их возможности. Длительное изучение, проведенное на Слюдянском месторождении в последние годы В. Н. Матониным и М. А. Линцаревым — на Слюдянке и на Памире, показало, что появление лазурита за счет гранита приурочено только к некоторым строго определенным пластам; трудно сказать,

один это пласт или несколько, но совершенно ясно, что всегда, когда гранит попадает в слой, где в другом месте идет образование лазурита, то и здесь вокруг него образуется лазурит, много или мало — это уже не так ясно, но он обязательно будет; в других же слоях, даже не очень далеких, этого минерала нет. И еще одно: в самом мраморе, в том слое, в котором образуется лазурит, встречается самородная сера в виде мелких желтых зернышек, сидящих в мелких пустотках. Кроме того, при расколе молотком этого мрамора очень сильно пахнет сероводородом. Очевидно, этот газ выполняет пустоты в кристаллах карбоната. Весьма интересно, что еще в 1891 г. норвежский геолог Брёггер указал на постоянную ассоциацию лазурита с серой и графитом, но исследователи Слюдянки не придавали этому значения.

Все эти новые выявленные факты заставляют решительно протестовать против предположения о привносе серы растворами. Если бы растворы, циркулировавшие по слюдянской толще, везде содержали серу, то везде вокруг блоков гранита в мраморе должны были бы образовываться зоны лазурита, но этого нет. Более вероятно предположение о связи серы только с определенными слоями мрамора. В этом случае не надо предполагать даже вообще движения каких-либо непрерывных «токов раствора» для образования «биметасоматических» зон на границах двух неравновесных пород. Достаточно только небольшого количества воды — горной влажности. Эта вода, циркулируя между неравновесными породами, переносит недостающие вещества, постоянно изменения свой состав, обеспечивая кристаллизацию устойчивых минералов, образующих необходимые реакционные зоны.

Таким образом, наиболее обоснованным сейчас будет предположение, что сера изначально присутствовала среди мраморов, а это может быть только в том случае, если карбонатные породы — осадочные доломиты — отлагаясь, переслаивались с солями и гипсом. Стоит напомнить читателям о находке лазурита в свите Грин-Ривер в США. В сущности говоря, и здесь на Слюдянке, если высказанное предположение правильно, геохимические условия образования лазурита те же, что и в Грин-Ривер, но на Байкале это образование шло при более высоких температурах, чем в Америке, а как следствие этого — крупная кристаллизация лазурита и сплошные массы, сложенные этим минералом, а не отдельные мельчайшие зерна, как это было описано в солях США. Сле-

дует, однако, подчеркнуть, что и здесь температуры не могли быть очень высокими. Напомним, что при синтезе ультрамарина при перегреве материал получается бесцветным. Еще одна аналогия с синтезом — в слюдянских мраморах присутствует сера, т. е. при образовании лазурита, видимо, везде имела место восстановительная среда и избыток солей. Это то же, чего добиваются химики при синтезе ультрамарина.

Предположение о связи лазурита с осадочными соленосными породами, сделанное М. А. Лицаревым и В. И. Виноградовым еще несколько лет тому назад, проверялось в течение всего последнего времени, и было найдено несколько новых независимых доказательств. Во-первых, с помощью тонких физических исследований было показано, что строение атома серы в лазурите (ее изотопный состав) такое, которое характерно для осадочных пород, а во-вторых, на Памире в продуктивной на лазурит толще мраморов имеются пятки поваренной соли, явно вымываемые дождовыми водами из мрамора.

Сделанное выше предположение о связи лазуритовых месторождений с толщами древних осадков, содержащих отложения солей, теоретически крайне интересно. Надо указать, что предположение о существовании в архейских осадках соленосных толщ находит подтверждение не только в лазуритовых месторождениях; в ряде других районов, вне связи с лазуритом, геологи приходят к выводу о существовании солей среди древнейших архейских отложений. Вывод этот имеет огромное теоретическое значение. Ведь это говорит о том, что моря, существовавшие почти 3 млрд. лет тому назад, имели примерно такой же химизм, как и сейчас, и тогда в них местами отлагались соли так же, как это имеет место в современных озерах Сиваша или в заливе Кара-Богаз-Гол.

Чем далее идет изучение месторождений лазурита, тем больше находится доказательств того, что лазурит образуется в толще ранее существовавших эвaporитовых толщ. Недавно канадские геологи опубликовали статью, где, цитируя работы советских авторов, указывают, что и изученные ими месторождения также образовались за счет легкорастворимых солей, отложившихся при выпаривании морской или озерной воды.

Когда я вижу красивую лазуритовую брошку, я любуюсь ею, но вместе с тем я не могу не представлять моря далеких от нас времен, когда в них едва только зарождалась жизнь, но уже образовывались соляные зале-

жи, и думаю о тех громадных глубинах, где эти соли подвергались взаимодействию с гранитом или другими силикатами, создав в результате прекрасное голубое дитя — драгоценный лазурит.

## НЕФРИТ И ЖАДЕИТ

*Жадеит. Минерал из группы пироксена, содержит натрий и алюминий. Как драгоценный камень используется поликристаллическая весьма однородная порода, точнее — жадеитит, состоящая из мелких кристаллических зерен.*

*Нефрит. Это также тонкокристаллическая горная порода из иголочек амфиболя. Структура нефрита очень похожа на структуру войлока. Амфибол, слагающий нефрит, может иметь различную минеральную природу.*

Из современного учебника минералогии

*Нефрит. В восточных землях делают из него боловчики, чашечки и черенки к ножам, саблям и прочие. Он в сих обработанных вещах чрезвычайную имеет крепость.*

*Он имеет название свое от мнимой прежде лекарственной его силы прогонять камень почечной и мочевой, чего ради его при себе носили.*

Севергин В. Первые основания минералогии. СПб., 1798, кн. I, с. 214—215

Жадеит и нефрит внешне весьма похожи один на другой и в готовых изделиях часто различить их крайне трудно. Это и является причиной, почему оба минерала описываются здесь совместно.

И жадеит и нефрит — излюбленные камни стран Юго-Восточной Азии, особенно Китая, где в монастырях, храмах и дворцах очень много изделий из нефрита и жадеита. Оба эти минерала в Китае обозначали одним и тем же иероглифом «Ю». Их объединяют в ряде случаев и в странах английского языка, где очень широко используется термин «жад», которым обозначаются как жадеит, так и нефрит и целый ряд близких к ним по виду сплошных, хорошо полирующихся горных пород. В большинстве своем это различные грессуляровые родингиты (см. стр. 83) — «трансваальский жад», везувиановые породы — «калифорнийский жад» — «калифорнит» и даже мелкий агрегат эпидота, замещающий плагиоклаз (так называемый соссюрит). Часто за «жад» продают изделия из плотного антигоритового серпентинита (нефритоид или бовенит). Но, конечно, эти минералы совершенно не могут конкурировать с настоящим жадеитом или нефритом,

у которых значительно более «благородный» блеск и изумительное по глубине просвечивание.

Детальное минералогическое изучение разных «жадов» было проведено французским минералогом Дамуром в середине XIX столетия, и сейчас все «жадовые» минералы различаются очень хорошо. Опытный минералог может их определить даже по внешнему виду.

*Жадейт.* В Шанхае я был в конце 50-х годов всего 2–3 дня, и, конечно, я его очень плохо помню и рассказать о нем могу очень мало. Врезались в память, пожалуй, одна набережная великой Янцзы, на которой стояло огромное количество джонок с детьми, женщинами и сущащимися «дарами моря», да огромные западноевропейского типа небоскребы по другую сторону улицы. Из-за краткости времени меня водили по обычным туристическим путям. Но одно посещение я все-таки выговарил у руководителей маршрута. Это посещение храма Жадеитового Будды. Храм этот — одна из самых больших буддийских святынь. Расположен он в центре города и внешне ничем не примечателен; это более или менее обычный большой дом. Попали мы в храм во внеурочное время, перед самым вечером. Храм был закрыт. Пришлось искать настоятеля, и после его разрешения один из монахов монастыря, расположенного при храме, провел нас в большой, главный зал на втором этаже. В углах зала горели маленькие электрические лампочки, впереди у стены стоял алтарь, закрытый стеклом и задрапированный белыми и черными шелковыми тканями, многие из которых расшиты красивым орнаментом. Перед алтарем стояли лотки с песком, в которых тлели многочисленные душистые свечи. Монах зажег прожекторы внутри алтаря, осветил статую Будды и позволил нам вплотную подойти к алтарю. Знаменитая статуя невелика, она почти натуральных человеческих размеров. Будда сидит в обычной для него позе: сложив крестнакрест ноги и положив на них руки. Лицо спокойное и очень приятное, во всей фигуре нет одутловатости и чрезмерной тучности, что характерно для большинства изображений Будды.

Монах сообщил, что статуя имеет высоту 1,90 при ширине 1,34 м и что эта жадеитовая глыба была найдена в Бирме около 100 лет тому назад и обработана китайскими мастерами. Сообщил он также какую-то баснословную цену, которая, по его данным, заплачена за камень и его обработку. Признаться, я не придал значе-

ния сообщаемым цифрам и не записал их. Они были настолько велики, что верить им было совершенно невозможно.

Сам Будда сделан из белого, иногда сероватого, более или менее однородного жадеита. Только в районе правого уха остался участок темно-серого жадеита, переходящего в черный. Кое-где статуя подкрашена (глаза, брови, ногти на руках и ногах). Камень хорошо полирован, и на нем не видно трещин. Конечно, через стекло на относительно большом расстоянии как следует рассмотреть камень трудно, создается только общее впечатление. Замечательны в этой статуе ее размеры и очень большая однородность камня. Пожалуй, сейчас нет какого-либо другого изделия из жадеита, имеющего такие размеры. Сфотографировать скульптуру мне не разрешили, но передали имеющуюся в монастыре открытку, которая приведена на вклейке.

В других храмах и музеях Китая жадеита довольно много, но отличить его от нефрита в музейной витрине или в храме среди других изображений иногда довольно трудно. Но можно сказать с уверенностью, что изделий из светлого, белого или серого жадеита довольно много. Жадеитовые глыбы и изделия были в большом количестве подняты из подземного дворца-склепа императора Чжу Ицзуня (13-го императора династии Мин; похоронен в 1561 г.) (см. с. 121). И здесь преобладал светлый жадеит.

Много жадеита встречается и в украшениях одежды женщин. В Тибете особенно широко используется длинная широкая лента из красной шерсти, привязываемая к косе. Лента эта богато украшается ювелирными изделиями и драгоценными камнями. Приходилось видеть на таких лентах оправленные в металле рубины, гранаты, бирюзу и особенно часто у нижнего конца ленты нашитые на нее плоские жадеитовые кольца, украшенные перегородками с пожеланием счастья.

Жадеит исключительно интересный минерал. Главное это то, что он является типичным минералом «высокого давления». Состав жадеита ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ) почти такой же, как состав одного из самых распространенных минералов — альбитта ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ). Альбит является минералом «низкого давления», и если порода благоприятного химического состава длительно существует или образуется при малых давлениях, то она будет сложена альбитом. Если та же порода попадет на большие глуби-

ны, то в ней вместо альбита будет кристаллизоваться жадеит, небольшое избыточное количество кремнезема выпадает в виде свободного окисла. При этом произойдет большой выигрыш объема. Альбит имеет довольно рыхлую каркасную структуру, свойственную всем полевым шпатам; отсюда его относительно небольшой удельный вес, всего 2,60, он почти такой же, как и удельный вес кварца — 2,65. Жадеит имеет значительно более плотную структуру, как и другие минералы группы пироксена, в основе его структуры лежит плотная кремнекислородная цепочка. Соответственно этому у него значительно больший удельный вес, даже в безжелезистых жадеитах он достигает 3,5. В результате, если подсчитать объемный эффект, что легко сделать на основе реакции перехода, то можно легко видеть, что объемный эффект составит  $\frac{1}{5}$  первоначального объема.

Общая более высокая плотность решетки жадеита ведет за собой очень большие физико-химические последствия. Оказывается, что при относительно малых давлениях, как те, которые господствуют на дневной поверхности, устойчив натриевый полевой шпат — альбит, а при больших давлениях, господствующих в недрах земных глубин, устойчив жадеит.

В прошлом веке об этом только догадывались, сопоставляя химические составы двух горных пород базальта — лавы многих вулканов — горной породы, очень широко распространенной на дневной поверхности и встречающейся иногда среди самых глубинных горных пород, и очень редкой горной породы — эклогита. Химический состав этих пород практически одинаков, но минеральный состав различен. Базальт слагается главным образом из известково-натриевого полевого шпата и пироксена, но не жадеитового, а нормального известково-магниевого, а эклогит полевого шпата не содержит совсем, его слагают только жадеитовый пироксен и гранат, иногда к ним присоединяется кварц. Предполагалось, что алюминий и натрий (и отчасти кальций) из разрушающегося при больших давлениях плагиоклаза входили в жадеит, а железо, магний и оставшийся кальций переходили в гранат; в оба минерала обязательно входит кремнезем, и только его остатки, если таковые сохраняются на месте, выпадают в виде кварца. Имея анализы эклогита и базальта, с помощью арифметики можно показать большую вероятность такого перехода. При этом из-за значительно большей плотности минералов эклогита

происходит очень большой (в несколько процентов) выигрыш объема. Эклогит значительно компактнее, чем базальт с тем же количеством вещества.

Долгое время это было только догадкой, но в 60-х годах нынешнего столетия, когда техника позволила создать давления в первые десятки тысяч атмосфер и одновременно поднять температуру испытуемого образца до тех температур, когда уже может идти перестройка кристаллической решетки, а это обычно четыре-пять и более сотен градусов Цельсия, удалось показать полную реальность перехода альбит—жадеит.

Мне с моими друзьями геологами и физиками неоднократно приходилось проводить подобные эксперименты. Особенно запомнился мне один. Для эксперимента взяли мы образец полевого шпата из древних жил Карелии. Основу образца составлял калиевый полевой шпат с прекрасной двойниковой решеткой — типичный «микроклин», и в нем были многочисленные мелкие червеобразные вростки альбита. Это обычно в древних полевых шпатах, и такие вростки носят название перититовых вростков, а весь полевошпатовый кристалл называется перититом. Название это было присвоено полевому шпату еще до того, как минералы начали изучать под микроскопом. Итак, кристалл перитита был подвергнут высокой температуре и высокому давлению. Когда удалось посмотреть на этот образец под микроскопом, то оказалось, что кристалл микроклина полностью сохранился, а вместо перититовых вростков, которые были низкопреломляющими и казались совершенно ровными, видны были высокопреломляющие жадеитовые кристаллы, которые резко выступали на ровном фоне микроклина — под давлением альбит перешел в жадеит.

Первое месторождение жадеита в Советском Союзе открыла геолог В. Н. Москалева на севере озера Балхаш\*. Сейчас оно стало основным в добыве этого драгоценного камня. Вскоре после того, как было открыто жадеитовое месторождение, происходило совещание геологов в городе Балхаш, примерно в 100—150 км от месторождения. Конечно, на совещании оказалось много геологов, желавших посмотреть жадеит. Была экскурсия сама

\* Собственно говоря, сказать «открыла» не очень правильно, вернее, «переоткрыла». Как выяснил археолог Г. Хайрутдинов, это месторождение эксплуатировалось еще 2000—1700 лет до н. э. Неподалеку от месторождения им обнаружены жадеитовые каменные орудия и изваяния, изготовленные в это время.

В. Н. Москаleva. Тогда месторождение еще не было вскрыто, и удалось посмотреть только отполированные солнцем и песком, пронумерованные глыбы жадеита, которые выступали на общем фоне слагающего здесь местность змеевика, и несколько пегматитовых жил, секущих змеевик. В качестве интересного объекта В. Н. Москалевы обратила внимание на залегающий в центре пегматитовой жилы кварцевый блок, который имел совершенно необычный облик. Он весь был пронизан мельчайшими включениями и поэтому только полупрозрачен и однороден, внешне он напоминал кусок льда. Этот кварц под названием «льдистый» кварц начали добывать вместе с жадеитом и применять в различных поделках.

Только через несколько лет мне вновь удалось попасть на жадеитовые месторождения, расположенные к северу от Балхаша. Работы по добыче жадеита здесь шли полным ходом, и можно было хорошо их осмотреть. Жадеит, как это было отчетливо видно в карьерах, явно приурочен к пегматитовым жилам. Однако жилы эти весьма необычны, в них нет отчетливого кварцевого ядра и сложены они в центре совершенно бескварцевой породой, состоящей целиком из одного мелкокристаллического альбита. По этому признаку породу можно назвать альбититом; к краям альбитит постепенно переходит в породу, нацело сложенную мелким кристаллом жадеита — жадеититом. Жадеит, сплошной, серовато-белый и только местами, обычно ближе всего к самому краю жилы, окрашен в зеленый цвет разной яркости. Добывается весь жадеит, но особенно внимательно отбираются зеленые, наиболее ценные разности. Вмещающей породой, как уже ранее отмечалось для всех жадеитоносных жил, является серпентин.

Такое оригинальное строение жилы кого угодно может поставить в тупик. А почему здесь образовался жадеит? Ведь, как мы только что рассмотрели, альбит в условиях высоких давлений должен перейти в жадеит, сам же может существовать только тогда, когда эти давления ниже определенного предела. Здесь же оба минерала встречаются рядом. Не могли же давления быть разными в краях жилы и в ее центре. Вся жила безусловно подвергалась одному и тому же давлению, независимо от того, когда имело место это давление: до отвердевания магмы, давшей начало жиле, или после. Почему же жила имеет такой характер? Об этом пока мы можем только

гадать, и, может быть, читателям этой книги посчастливится найти точный ответ.

С моей точки зрения, наиболее вероятно следующее объяснение. Как уже отмечалось, вмещающими породами жил являются серпентиниты — породы, очень богатые магнием и бедные кремнекислотой. Кроме того, эти породы всегда содержат некоторые количества хрома, обычно 1—2%, но иногда и много больше, и тогда их можно рассматривать как хромовые руды. Видимо, в серпентиниты внедрялись обычные гранитные жилы, содержащие кварц, в некоторых жилах в центре даже образовалось крупное кварцевое ядро (выше отмечался «льдистый» кварц). Однако в большинстве случаев внедрившаяся гранитная магма начала реагировать с серпентином, магний вместе с калием и относительно большим количеством кремния дает слюду. Калий и кремний уходили из расплава на соединение с магнием серпентина, а натрий и алюминий оставались на месте. При этом обеднение магматического расплава кремнием и калием было различным в разных частях жилы; из участков жилы, расположавшихся ближе к контакту, они уходили легче, чем из центральных частей. В результате химический состав кристаллизовавшейся магмы в краях жилы был иной, чем в центре,— в центре оставалось больше кремнекислоты.

Это явление весьма подобно распределению сахара в стакане чая, если вы плохо перемешали чай (магма — жидкость очень вязкая и практически не перемешивается). В этом случае последние порции чая слаше, чем первые. Итак, в жиле создалось химическое различие между краями и центром. Далее к обсуждению надо привлечь давление; оно, видимо, было очень близким к переходу альбит=жадеит+коэсит, но все же ниже того давления, где альбит распадается на жадеит и коэсит, поэтому альбит в тех местах жилы, где ему хватало всех необходимых компонентов, мог кристаллизоваться. Однако в краях, где из-за недостатка кремниевой кислоты должен был бы кристаллизоваться не альбит, а нефелин, менее устойчивый, чем альбит, кристаллизовался уже жадеит. Понятен и зеленый цвет краевых частей жадеита, это те места, где в магме растворился серпентин и содержавшийся в нем хром окрасил кристаллы жадеита в зеленый цвет. Хром исключительно сильный краситель, именно им окрашен изумруд, зеленый гранат (уваровит), и даже получаемое сейчас на фабриках зеленое стекло окрашивают хромом.

Давление, требуемое для образования жадеита, очень велико, более десятка тысяч атмосфер, и это может помочь нам понять природу «льдистого» кварца. Под влиянием такого давления кварц претерпевает перекристаллизацию, которая и создала ему такой равномерный «льдистый» облик.

Конечно, изложенное — одна из возможностей, можно сделать и ряд других предположений. Да и в изложенной схеме много неясностей. Можно, в частности, предположить, что жилы гранита внедрялись на малой глубине, здесь получены химические различия краев и центра (это наблюдалось в природе, есть жилы, где в краях — нефелиновый сиенит — порода, бедная кремнеземом, а в центре — альбит), а потом такая жила опустилась на глубину и бедные кремнеземом части перешли в жадеит.

Во всяком случае, жадеитовые месторождения — интереснейшее явление природы. До сих пор образование этих месторождений не объяснено так, чтобы с этим объяснением могли бы согласиться все исследователи. Слово за Вами, читатель.

После открытия Прибалхашского месторождения в СССР месторождения жадеита были найдены и во многих других местах. Это Полярный Урал, Саяны и ряд других мест. Во всех этих случаях геологический характер месторождений весьма похож на месторождения Прибалхашья: везде участвуют жилы магматической породы, обычно гранитные, внедрившиеся в серпентин и изменившие свой состав до альбитита и жадеитита.

Знаменитое Бирманское месторождение, откуда происходит шанхайский Будда, судя по старым описаниям, имеет такой же характер. Измененные жилы гранитоидов и здесь залегают в серпентинатах. Если у нас добываются жадеита ведется главным образом из коренных месторождений в карьерах, то в Бирме, где было в 1976 г. добыто жадеита на сумму около 2 млн. долл., главная масса камня добывается из валунов по рекам.

Китай издавна считается классической страной нефрита и жадеита, но в самом Китае жадеитовых месторождений нет. Главную массу жадеита китайские мастера получают из Бирмы. Однако в самом Китае, в окрестностях города Наньян, существует с доисторических времен разработка драгоценного камня, который, как и нефрит и жадеит, изображается иероглифом «Ю». Это месторождение в конце 50-х годов посетил немецкий геолог

Шюллер и описал его как месторождение жадеита. Мне удалось посетить это месторождение через несколько месяцев после Шюллера, но я не мог согласиться с определением породы. Камень, который здесь добывается, очень красив. Он довольно пестр по окраске; встречаются здесь зеленые, бурые и белые участки, в зеленых частях много мелких бурых зернышек. Под микроскопом хорошо видно, что основу породы составляет альбит, местами окрашенный хромом в зеленый цвет. Бурные зернышки — минерал, алюминиево-хромовая шпинель (окисел типа  $\text{RO}\cdot\text{R}_2\text{O}_3$ ) с небольшим содержанием железа. В отдельных участках порода совершенно белая, полу-прозрачная.

Перед тем как попасть на рудник, я купил несколько изделий из местного камня, в том числе одну заготовку для печати. Напомню, что в Китае написание иероглифов довольно сложно и не все жители городов и сел достаточно грамотны, поэтому каждый человек носит в кармане личную печать и штемпельную подушку с красной тушью. Печатка в зависимости от материального состояния ее владельца может быть дешевой, сделанной из обычной пластмассы, но многие печатки сделаны из редкого дерева, резные — настоящие произведения искусства. Показывали мне печатки из слоновой кости с резьбой или рисунками известных художников, из литой бронзы, из серебра, золота и различных поделочных и драгоценных камней — горного хрусталия, мориона, даже рубина. На базарах всех крупных городов Китая сидят специалисты-резчики печатей, которые могут вырезать на любой печатке иероглифы имени владельца. Личная печать всегда уникальна, она ставится под любым документом и имеет такую же юридическую силу, как и подпись. Итак, в универмаге я купил заготовку для печати из местного камня и, чтобы не ошибиться, показал ее горнякам: «Скажите, а это ваш камень? — Да, к сожалению, наш, но самый плохой сорт». После осмотра рудника ко мне подошел один из моих собеседников и, поднося мне белую полупрозрачную очень красивую печатку, сказал: «Возьми друг, чтобы у тебя не осталось плохого впечатления о нашем месторождении. Мы добываем не только такой плохой камень, как тот, который ты купил, но есть у нас и такие прекрасные камни».

Горы к западу от города Наньян все изрыты мелкими закопушками, лазами и шурфами, к одной из таких закопушек руководители рудника подвели и меня. Глуби-

на закопушки, как мне сказали, около 15 м, никаких лестниц и подъемных сооружений в закопушках нет, спускаться надо по выступам камней, опираясь на обе ее стеки. Мой спуск корректировали два горняка, один сверху, другой снизу, освещали закопушки масляные лампы. Проникнуть в забой мне не удалось. Пришлось ограничиться осмотром остатков жилы в выработанной части и взять образцы из крупных кусков породы с драгоценным камнем, любезно принесенных мне снизу горняками. Вмещающая порода, как и везде—измененные ультрабазиты, но близ жилы они бурые, переполненные шпинелью. Окрашенные участки располагаются по краям жилы, в центре жилы лежат белые однородные породы. Как уже говорилось, микроскоп показал, что белая порода составлена целиком мелкозернистым альбитом, а бурая—тем же альбитом, переполненным шпинелью.

Говорить о происхождении этой породы еще труднее, чем о породе Прибалхашья. Минерала жадеита в этой породе нет, но структура породы, и особенно ассоциация со шпинелью, позволяет думать, что порода прошла очень сложную историю. Шпинель не кристаллизуется вместе с альбитом на тех малых глубинах, на которых идет прямая кристаллизация альбита, поэтому вероятнее всего предположить, что жилы альбитита в серпентините сначала были опущены на большую глубину, где давление заставило альбит перейти в жадеит, а минералы магния, хрома и железа вместе с алюминием альбита дали бурую шпинель, позднее горообразующие усилия подняли район ближе к дневной поверхности, где горная порода, сформировавшаяся на глубине, претерпела новое изменение уже при низких давлениях («диафторез», как говорят геологи), и жадеит вновь перешел в альбит с очень своеобразной мелкозернистой структурой. Конечно, это только предположение. Для подтверждения высказанных представлений тех образцов, которые у меня сохранились, очень мало, да и, кроме того, необходимо изучение всего района. Если такие изменения претерпел участок с жилами, то и на других породах можно было бы проследить ту же историю.

Рассказал я о своем посещении этого месторождения, пожалуй, для того, чтобы поделиться своим «горем»: когда я брал образцы, казалось все ясно, я считал Наньянское месторождение похожим на Прибайкальское и сразу успокоился, но когда посмотрел породы под микроскопом, увидел, что это не так. Если бы я мог это предпо-

лагать, когда был в Наньяне! Часа четыре для осмотра окрестностей рудника мне хватило бы, чтобы изучить местность и понять происхождение Наньянского камня. Но... Очень часто возникает подобное «но», сейчас я читаю статью Шюллера, не соглашуюсь с ним, но возразить не могу. Пожалуй, в работе геолога такие «недоделки» оставляют самый тяжелый осадок в памяти.

Добытый камень обрабатывается тут же на Наньянском камнерезном заводе. Обработка различна в зависимости от качества камня и размеров куска. Мелкие бесцветные куски идут на печатки. Из бесцветных кусков покрупней изготавливаются рюмки и мелкие стаканчики. Крупные, хорошо окрашенные участки идут на изготовление различных мелких скульптур. В массовом порядке изготавливаются ритуальные буддийские львы — шидзы. Наконец, лучшие куски идут на изготовление индивидуальных изделий, различных курильниц, шкатулок и т. д.

Добытый на месторождении камень разбирается художником и в зависимости от его характера передается на переработку отдельным группам рабочих, специализирующимся на том или ином стандартном изделии. Наибольшее внимание художники завода уделяют индивидуальным изделиям, в форме которых часто отражается первоначальная форма добываемого куска драгоценного камня.

Весьма интересна методика оценки камня. Мне пришлось встретиться в одной из торговых фирм с оценщиком камня. На полу лежала глыба жадеита около тонны весом. «Эта глыба стоит около 3 тыс. долларов, но смотрите, вот этот густо-зеленый край глыбы хорошо просвечивающий, в нем всего грамм 300—500, стоит порядка двух тысяч, еще два-три таких участка — 500—600 долларов, ну а остальное, больше тонны, — долларов 200—300. Или вот этот кусочек, ярко-зеленый, просвечивающий, в нем около 1 кг; стоит он более 4 тыс. долларов, но и из него возьмут только несколько участков на вставки в кольца, брошки и серьги, остальное — малоценный материал». Я слушал и соглашался, и нет. У меня перед глазами стоял большой шанхайский Будда, сделанный из серовато-белого жадеита, как говорил монах, стоившего огромную сумму, и многочисленные «священные кольца» на шерстяных подвязках к косам тибетских красавиц, тоже имеющие очень высокую цену; они также сделаны из белого жадеита.

Конечно, зеленый жадеит дороже и ценней, но что бе-

лый и серый жадеит нельзя использовать, мне что-то не верится. Жадеит и белый, и зеленый хорошо режется, и изделие из него получается очень эффектное и блестящее. Кубки, пиалы и печатки из белого жадеита были в числе драгоценностей в могиле императора Чжу-Ицзуня в Шисанлине. Так ли уж бесполезны белые и серые глыбы жадеита? Не знаю.

**Нефрит.** Чтобы познакомиться с нефритом, я рекомендую поехать в Самарканд. В старой части города там располагается грандиозная усыпальница Тимуридов — знаменитый мавзолей Гур-Эмир. Величественное сооружение, напоминающее некоторые храмы, с изящными арками и крупным куполом, покрытым голубыми изразцами. Войдем в Гур-Эмир, и хотя освещение в усыпальнице не очень хорошее, все же можно рассмотреть в центре зала несколько крупных могильных камней. Особое впечатление производят два камня: большой, белый, полосчатый, из одного куска мраморного оникса, который стоит на могиле Улугбека, внука Тамерлана, и другой поменьше, из зеленого нефрита, прекрасно полированный, лежащий на могиле Великого Хромого — Тамерлана. Это, пожалуй, самое крупное в мире изделие из нефрита (длиной 1,88 м при ширине 0,4 и высоте 0,39 м). Камень разбит почти посередине на две части; предполагается, что это был единый монолит, разбитый впоследствии.

По одной из легенд монолит был разбит Надир-Шахом во время завоевания Самарканда. Завоеватель искал в нем скрытые сокровища Тамерлана. По второй легенде камень похитили разбойники в надежде найти в нем золото, но при погрузке на верблюда камень упал и разбился, а обманутые в своих надеждах разбойники бросили его, и позднее он был снова возвращен на могилу Тамерлана. Однако в 1897 г. геолог А. Рябинин, тщательно изучив камень, обнаружил в нем жилки, которые симметрично располагаются в правой и левой половинах, и если эти две половины совместить основанием, то все жилки полностью совпадут. Поэтому он предположил, что камень первоначально представлял валун-монолит, который был распилен на две примерно равные части и сложен боковыми сторонами. Размер валуна был длиной около 1,2 м, шириной 0,8 и толщиной до 0,5 м.

Нефрит, как и жадеит, является излюбленным камнем Китая. Наверное, всем известна по фотографиям знаменитая пекинская площадь Тяньаньмэнь, на которой проходят все демонстрации в китайской столице. Трибуна этой

площади — главный вход в императорский дворец, который сейчас превращен в музей искусств. В центральном зале этого музея стоят на подставках несколько нефритовых горок — крупных валунов нефрита, на поверхности которых вырезаны скульптуры — сцены или из буддийского эпоса, или из современной резчику жизни деревни и города.

К северу от Пекина располагается урочище Шисалин — усыпальница минских императоров. Это изумительное сооружение, где очень широко использован камень. Подходя к усыпальнице, посетитель вступает в «аллею скульптур». По обе стороны дороги в этой аллее стоят высеченные из монолитов белого янышаньского мрамора примерно в 1,5—2 раза больше натуральной величины изваяния. Сначала посетителя встречает ряд воинов в полном средневековом боевом облачении; затем по краям аллеи стоят чиновники в полной форме. Резьбой отделана каждая деталь одежды и оружия, изображены пуговицы и вышивка на кафтане, шапочка с чиновным шариком наверху. За чиновниками стоит серия лопадей с тщательно отделанной сбруей. Вырезано на сбруе каждое украшение, каждый ремень под узорным седлом и вышитой попоной. Еще далее стоят овцы, быки и боевые слоны (напомню, все (и слоны!) в два раза больше нормального размера; каждая фигура вырезана из единого мраморного монолита). Слоны покрыты вышитой попоной, каждый завиток вышивки тщательно вырезан из мрамора и хорошо отполирован. В конце аллеи поставлено несколько пар чудовищ, описать которые довольно трудно; тут есть существа, у которых туловище собаки с крокодильей головой, помесь грифона с драконом и многие другие.

За аллеей скульптур стоят изящные мраморные декоративные ворота. После ворот необходимо пройти беседку, где на мраморной черепахе — символе вечности — стоит стела, на которой выбиты имена похороненных императоров и годы их правления. За беседкой размещается территория самой усыпальницы. Это умело разбитый и хорошо ухоженный парк со многими крупными деревьями; в нем располагаются высокие курганы с беседкой наверху; внутри беседки находится неизменная черепаха, на которой стоит каменная стела с именем императора, который похоронен под этим курганом.

После образования КНР, в 50-х годах, китайские археологи пытались вскрыть ту или иную могилу и усилен-

но бурили под курганами, но ничего не находили. Только с помощью геофизических методов удалось найти одну из здешних могил, а именно могилу 13-го императора династии Мин Чжу-Ицзунь, который был похоронен в 1561 г.

Эта могила была превращена в музей, а найденные там драгоценности размещены в двух специально построенных зданиях рядом с могилой (могила оказалась на глубине около 50 м, путь туда спирально спускался вниз по стенкам построенной здесь крупной шахты). Ворота, закрывающие вход в главную камеру могилы, сделаны из двух мраморных плит размером примерно  $3 \times 3$  м, каждая дверная плита имеет два штыря — один вниз, другой вверх. На этих штырях дверь вращается в мраморных втулках. Центральный зал могилы по размерам и тщательности отделки облицованных белым мрамором стен напоминает станции метро. В центре зала стоят два мраморных трона (дивана), украшенные резьбой по камню, а перед ними две «неугасимые» лампады, которые должны были питаться маслом из двух очень больших фарфоровых ваз. Базы были так велики, что весь воздух могилы был израсходован раньше, чем сгорела половина запасенного масла, и в фарфоровых вазах было масло, простоявшее в них 400 лет. От главного зала идет ход в переднюю камеру, в которой захоронен сам император и две его жены, а также в боковые камеры, где предполагалось похоронить наложниц императора и сопровождавшие их драгоценности.

Во вскрытой могиле боковые камеры оказались не заполненными, причина этого осталась не ясной. Судя по тому, что в главной камере около трона-дивана были найдены обрывки одежды чиновника и рассыпавшиеся вокруг драгоценные жемчужные бусы, археологи думают, что что-то испугало чиновников, ведавших похоронами, и они бежали, ограничившись только заполнением передней камеры. Несмотря на то, что похороны императора не были окончены, количество драгоценностей, извлеченных из этой камеры, огромно. В центре камеры на постаменте стоял гроб императора, по бокам — гробы обеих жен, а вдоль стенок лежали многочисленные весьма характерные слитки серебра и золота, а также крупные, до полуметра в диаметре, и более мелкие, до 10—15 см, валуны нефрита. То, что такие валуны были помещены в погребальную камеру вместе со слитками золота в 0,5—1,0 кг, свидетельствует об очень высокой цене этих валунов.

Я не смогу перечислить нефритовые изделия, лежавшие вместе с покойниками, но наряду с агатом нефрит был наиболее распространенным камнем. Особенно запомнилась белая нефритовая пиала императора с совершенно ровной поверхностью, для которой были сделаны филигранный золотой футляр, и изящные серьги одной из императриц, в которых на золотом кольце висела изящная фигурка белого нефритового кролика около 3 см высотой с рубиновыми глазами, снизу к фигурке были приделаны цветы из золота с камнями, видимо изображающие лужайку, по которой скакет кролик; много было нефритовых пряжек и подвесок.

Нефрит — минерал, на который человек обратил внимание еще на самых ранних этапах истории. В европейских изделиях каменного века были и нефритовые топоры, материал для них происходил из месторождений Центральных Альп. Эти месторождения были выявлены в самое последнее время. В минералогической литературе указывается на месторождения в Юго-Западной Польше, в районе Иорданова (к югу от Вроцлава).

В самом Китае нефрита нет, видимо, он поступал сюда из западных областей — из района Кашгара, Яркенда и Хотана, а также с гор Кунылунь. О наличии месторождений нефрита на восточном склоне Памира есть прямые данные. Русский путешественник Б. Л. Громчевский в конце XIX в. по просьбе профессора Горного института И. В. Мушкетова выявил здесь (в урочище Пиль, на Раскемдарье, притоке реки Яркенддары) старые выработки, где добывался нефрит. Собранные здесь образцы были изучены И. В. Мушкетовым, который подтвердил определение и, кроме того, сравнив их с нефритом надгробья Тамерлана, предположил, что камень для надгробья добыт именно в этом месторождении.

Нефритовые изделия и украшения известны в археологических находках на территории Индии и Японии, но месторождения нефрита здесь не известны. Очень хорошо знали нефрит (жад) в доколумбовой Америке, он там получил название «чалчихуитль» и широко использовался в изделиях.

Нефрит добывался на Новой Зеландии еще до открытия ее европейцами. Его месторождения расположены в Южных Альпах, на острове Дурвил. Маори изготавливали из него орудия и культовые украшения. Нефрит на Новой Зеландии добывается и в настоящее время. Позднее были открыты месторождения нефрита в США, в Калифорнии

(Марипоза), а также в Британской Колумбии, в Канаде.

История поисков и находок нефрита на территории России прекрасно описана в работах А. Е. Ферсмана, который нашел довольно много новых материалов о сибирских экспедициях Г. Пермикина и описал его усилия по поискам и добыче восточносибирского нефрита, где он обнаружил много иногда очень крупных нефритовых валунов, часть которых сумел доставить в Петербург, в дворцовый приказ. Этот нефрит тогда же был широко использован для украшений дворцовых зданий и для изготовления мелких поделок. История Пермикина в изложении А. Е. Ферсмана читается как роман, и вряд ли стоит ее пересказывать, это будет явно хуже оригинала.

Когда в СССР возродился интерес к драгоценному и поделочному камню, советские геологи начали поиск нефрита. Сначала они пошли по следам Г. Пермикина и начали выявлять валуны нефрита по рекам. Конечно, в первую очередь обратили внимание на Восточные Саяны, где было наибольшее число находок нефритовых валунов. Однако параллельно начали искать коренные месторождения и в этом очень преуспели. Сейчас почти весь нефрит, добываемый в нашей стране, происходит из коренных месторождений. Научились наши камнерезы и обрабатывать нефрит. Очень хороши традиционные для этого камня рюмки, кубки и вазы, но особенно красивы браслеты и кольца из нефрита.

Нефрит — единственный драгоценный камень, кольцо из которого может выдержать те огромные напряжения, которые возникают при носке кольца на пальце. Самое главное это то, что кольцо, надетое на палец, работает на растяжение, а всякий камень на растяжение сопротивляется в 10 раз хуже, чем на раздавливание. Сравним сопротивление раздавливанию кирпича, гранита и нефрита. Обычными опытами показано, что кирпич рассыпается, если на каждый квадратный сантиметр его поверхности нагрузить 70 кг. Для того чтобы рассыпался гранит, на него нужно нагрузить на тот же 1 см<sup>2</sup> больше 2000 кг, а нефрит лопается только тогда, когда нагрузка на 1 см<sup>2</sup> превысит 10 т; иначе говоря, чтобы разорвать колечко, которое в сечении имеет 3×5 мм<sup>2</sup>, нужно приложить усилие более 150 кг. Гранитное кольцо теоретически могло бы выдержать растягивающее усилие около 30 кг, но практически оно этого никогда не выдержит. Дело в том, что гранит (как, впрочем, и другие породы) слагается минералами, обладающими спайностью, т. е.

способностью легко раскалываться по некоторым, особо ослабленным направлениям. Вспомните слюду, которая легко разрывается по слоям; спайность полевого шпата и слюды в граните приводит к тому, что практически из гранита изготовить кольцо не удается, оно разваливается при производстве.

В чем же причина такой высокой прочности нефрита? Нефрита как минерала не существует; это горная порода, сложенная многими мельчайшими игольчатыми кристалликами амфиболя. Минерал этот по химическому составу довольно близок к пироксенам, отличаясь от них только присутствием небольших количеств воды. Иная и структура амфиболя, если пироксен (например, жадеит) состоит из кремнекислородных цепочек, то в основе структуры амфиболя лежит кремнекислородная лента. Состав амфиболовых кристаллов меняется в довольно широких пределах, здесь есть железистые и поэтому зеленые разности типа актинолита, но есть совершенно бесцветные, такие, как тремолит—известково-магнезиальный амфибол. В некоторых случаях амфибол может содержать и натрий, и алюминий. Крупные кристаллы амфиболя довольно красивы: это обычно шестиугольные призмочки, на верху которых развиваются три или больше граней. Амфибол обладает хорошей спайностью, так что разломить или разбить крупный кристалл не составляет никакого труда, но если этот амфибол образует тончайшую иголочку (амфибол-асбест), то ее можно как угодно гнуть и она не ломается. Нефрит сложен именно такими тончайшими кристаллами, но, кроме того, в нефrite эти кристаллики перепутаны, примерно так, как перепутываются шерстинки в войлоке. Такая структура еще больше упрочняет горную породу. Если где-нибудь найдется слабый кристалл и сломается, то соседний, более прочный, не позволит трещине развиваться далее и расколоть породу.

Месторождения нефрита, так же как и жадеита, связаны с внедрением магматической породы в змеевик, но образуются они по другую сторону контакта. При внедрении магматической породы в холодный серпентин (змеевик) этот последний нагревается, сам теряет воду, а, кроме того, сюда поступает вода из остывающей магматической породы. Эта горячая вода, обогащаясь кремнеземом и калием, воздействует на резко прогретый серпентин, в результате вокруг магматической жилы создается контактная зональность. Непосредственно рядом с жилой возникает слюдяная оторочка, здесь из воды осаж-

дается весь калий и весь алюминий, которые входят в слюду, далее располагается зона амфибала, где фиксируется кремний, оставшийся в растворе, и частично вода, затем формируется зона тальковых пород.

Собственно говоря, нефрит формируется как контактная зона амфибала, но наиболее часто эта зона сложена крупнокристаллическим амфиболом и поэтому имеет совершенно иной характер. Мы пока не знаем точно, почему вместо крупных кристаллов амфибала формируются мелкие. Специалисты на этот счет еще продолжают спорить, но все же можно предположить, что нефрит формируется на малых глубинах, где температуры ниже, растворы быстрее остывают и поэтому быстрее кристаллизуются.

Очень впечатляющий вывод. В примерно одинаковых геохимических условиях образуются две очень похожие горные породы, используемые как драгоценный камень. Одна из них — жадеит требует для своего образования очень больших глубин и огромных давлений, другая — нефрит — наоборот, формируется на очень малых глубинах, где идет быстрое охлаждение растворов и соответственно очень быстрая кристаллизация.

Нефриты могут быть сложены сильножелезистым амфиболом, и тогда они почти черные. Но обычно нефрит слагается актинолитом — маложелезистым амфиболом, и тогда нефрит имеет светло-зеленый цвет, а если в него хотя бы в небольших количествах входит хром (а он обязательно присутствует в серпентине), то он приобретает ярко-зеленый цвет, похожий на цвет травы или изумруда.

Недавно в Бурятии нашли небольшое месторождение, где нефрит образовался за счет изменения богатой магнием осадочной карбонатной породы (доломита). В этой породе железа совсем нет, и образовался белый нефрит, сложенный безжелезистым амфиболом-тремолитом. Это редчайшая и самая драгоценная разность. Именно из такого белого нефрита был изготовлен кролик из описанных выше сережек жены 13-го императора династии Мин.

Нефрит и жадеит — благородные, очень хорошо обрабатывающиеся камни, их блеск не тускнеет со временем, и, самое главное, до сих пор нет способа их синтеза.

## МАЛАХИТ

Ярко-зеленый основной карбонат меди (теоретическое содержание окиси меди 72%, углекислоты — 20, воды — 8%). Очень легко возникает при воздействии на любые медные руды кислорода воздуха, углекислоты и воды. Обычно образует зеленые примазки, мелкие игольчатые кристаллы или мелкие зерна. Такой малахит встречается очень часто везде, где есть медные руды. Кроме того, очень редко, в немногих месторождениях, образует мощные натеки, стаклиты и тонковолокнистые агрегаты, тогда используется как ценный поделочный камень. Излом неровный. Твердость 3,5—4 (царапается ножом и даже стеклом), хорошо полируется.

Из современного учебника минералогии

И говорит Ал-Кинди: его месторождение находится в одной пещере в горах Кирмана [город и область юго-востока Ирана] среди рудников меди... Он густо-зеленый, и на нем видны зеленые глазки и полумесяцы. Ал-Кинди говорит: в дни владычества персов находили большие куски малахита, из которых удавалось выделывать сосуды; затем находимые куски его постепенно стали уменьшаться, пока совсем не иссякли.

Сепстанский [Сепстан — область, прилегающая к оз. Зарра, входит отчасти в состав Ирана и отчасти Афганистана] малахит по качеству ниже, и обоим им уступает тот, который происходит из Аравии.

Бируни А. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия).

М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 138

На карте Заира, в самом юго-восточном углу, на границе с Замбией найдите город Лубумбashi, или, как его ранее называли, Элизабетвиль. Это столица знаменитой провинции Шаба (Катанга). Почти везде в этой провинции мы встречаем огромные медные рудники. Заир стоит на втором или третьем месте в мире по добыче меди, и вся медь идет из этой провинции. Ну а Колвези — это второй по величине город этой провинции. На карте он находится несколько северо-западнее Лубумбashi, по линии железной дороги из Лубумбashi в Анголу. Мне повезло, я побывал в Колвези, он особенно интересен потому, что здесь медные руды вскрыты огромными карьерами (до 300—400 м глубины), в которых очень хорошо видно строение рудной толщи.

Колвези стоит на равнине. Как и во многих местах в тропиках Африки, на поверхности этой равнины повсеместно развита древняя красная — латеритная — почва. Дороги засыпаны красной землей, каналы идут в красных берегах, пыль красная, красные крылечки у домов, и везде, где хоть сколько-нибудь вскрыта земля, в ямах

видны красные стенки. По этой равнине подъехали мы к карьеру и спустились вниз. Карьер был довольно большим, его глубина, как я прикинул, вероятно, превышала 300 м. Внизу карьера несколько небольших экскаваторов добывали руду. Мощность рудного пласта здесь очень велика и местами достигает 100 м; очень велико и содержание меди в руде, до 6 %. В других странах ведут добчу руды даже в тех случаях, когда содержание меди всего 0,5 %, а мощность рудной толщи в зависимости от содержания может быть меньше метра.

Руда внизу представлена темно-серебристым минералом, мелкими зернами переполняющими пласт мергеля. Это халькозин — сульфид меди. Большие самосвалы, груженные рудой, один за другим отходят от экскаватора, а пустые подходят грузиться. Выше идет еще один уступ рудника, и там экскаватор и самосвалы с мергелем, переполненным серебристыми блестками халькозина. А вот в самом верху рудного пласта картина меняется, и мергель уже не сероватый, а резко-зеленый. Сопровождавший нас главный геолог этого рудника поднял кусок зеленой породы, явно свалившийся сверху при очередном взрыве, и подал мне. Это был очень интересный образец; все кристаллики халькозина в нем позеленели, кое-где появились мелкие пустотки, занятые зеленой, явно тонко-зернистой массой — сомнений не было, произошло окисление халькозина и он заместился малахитом. Это еще не ювелирный малахит в больших плотных кусках, но несомненно тот же минерал, в мелких зернах переполняющий рудоносную породу. Каким же образом он здесь произошел? И я вновь уже внимательно посмотрел на противоположную, хорошо видную стенку карьера.

На самом его верху в стенке была отчетливо видна красная земля — латерит. Мощность сплошной красной толщи — метров 10—15, ниже идет белая земля, но среди нее на глубине до 50—70 м спускаются явно по трещинам красные, иногда ветвящиеся языки. Это те места, где поверхностные воды могли проникнуть в толщу мергеля, покрывающего руду. Далее идет белый мергель, переходящий книзу в серый. Мощность белого мергеля, наверное, около 50—100 м. И вот там, где пласт руды покрывается не серым, а белым мергелем, вверху пласта он становится зеленым. Следовательно, это окисление халькозина и переход его в малахит связаны с поверхностными водами — теми самыми, которые создали латерит. Вот бы посмотреть белый и серый мергели там, наверху.

И, как в сказке, мне повезло, словно добрый волшебник услышал мои желания. Наши хозяева решили похвастаться новой техникой, полученной из Америки, и повезли нас к огромному экскаватору, от которого пустую породу в отвалы отвозили самосвалы, вмещающие до 100—150 т. Этот экскаватор стоял как раз на границе серых и белых пород, и пока товарищи вели беседы о технике, я сумел рассмотреть образцы серой и белой породы. Блестящее теперь все подтвердилось: серая порода — плотный неизмененный мергель, в нем есть силикаты — глинистые минералы, много карбонатов, как и должно быть во всяком мергеле; пор почти нет. Ну а белый — это сильно пористая, очень легкая порода; такие породы по виду можно назвать опокой, карбонатов в них нет совершенно, они вынесены, углистые частицы, которые придают серый цвет свежему мергелю, здесь окислены. Все это произвели те же поверхностные воды, которые создали вверху латерит. Если в область действия этих вод попадает медная руда, то халькозин окисляется — сера из него выносится, переходя сначала в окисную форму, а затем в серную кислоту, легко растворимую в воде. Другой компонент халькозина — медь — сначала окисляется, а затем соединяется с углекислотой. Трудно сказать, будет ли эта углекислота из воды или углекислота растворяющегося кальцита — карбоната мергеля (вероятно, все-таки последняя играет роль в этом процессе). Углекислая водная медь — малахит — очень трудно растворима в воде, и поэтому оседает тут же, рядом с бывшим разрушенным зерном халькозина; если же рядом есть пустота в рудной породе, то малахит выделяется здесь в форме красивых натеков.

Наш спутник — бельгийский геолог — рассказывал мне, что в карьере отдельно добывается и обрабатывается неизмененная и окисленная руда и при добыче окисленной руды добывается и ювелирный малахит — примерно из каждого 10 тыс. т руды добывают около 100 кг ювелирного малахита. Рассказал также, что незадолго до нашего приезда в том руднике, который мы посетили, была встреченна пустота, выполненная натеками малахита. Вес этой извлеченной глыбы был около 5 т.

После посещения рудника планировалась беседа в конторе предприятия «Юнион Минер», которое эксплуатировало рудник. Расположена контора в хорошо ухоженном саду. Перед входом в контору находится большая цветочная клумба с фонтаном, около которой я остановился в

изумлении. На верху клумбы лежала очень большая глыба малахита. Глыба пробурена в центре, и через скважину пропущена труба, из которой бьет фонтан.

Глыба эта имеет плоскую чечевицеобразную форму. Размер ее по диаметру около 1 м при толщине 50—70 см. С одной стороны край чечевицы отбит и видна большая внутренняя полость, малахитовые натечные стенки которой имеют толщину 10—15 см, а внутри в полости видны многочисленные сферолиты и натечники, очень напоминающие пещерные сталактиты и сталагмиты.

Пока я рассматривал малахитовую глыбу, нас пригласили в контору «Юнион Минер». В вестибюле справа от входа, почти занимая всю стену, стоит огромное зеркало, а под ним лежит еще одна малахитовая глыба. Она больше, чем предыдущая по диаметру, по такая же плоская. Эта глыба вделана в толщу стены. Внутри малахитовой чечевицы и здесь видна полость с натечниками.

Обе малахитовые глыбы совершенно замечательные. Они гораздо крупнее, чем все, которые мне приходилось видеть в музеях. Меньше их и те полированные куски уральского малахита, которые имеются в музеях Академии наук СССР в Москве и ленинградского Горного института. В Лумумбапи за гостиницей, где остановилась группа геологов из Советского Союза, располагается главный рынок города, а около него на небольшой треугольной площадке идет торговля кустарными изделиями. Резьбы черного дерева там относительно мало. Слоновой кости тоже почти нет, но зато какое разнообразие изделий из малахита! Пепельницы всех типов и размеров, бусы, подвески, брошки, пуговицы и другие изделия. Весьма интересны были беседы с продавцами малахита. Они, как оказалось, прекрасно знают камень и оценивают не только вес и размер его, но и густоту окраски, цвет, полосчатость, расположение полос и способность полироваться.

Однако те декоративные изделия из малахита, которые нам продемонстрировали, были не очень высоко художественного достоинства. Так, во дворце комиссара Шабы камин облицован малахитом, разрезанным на одинаковые квадратные пластинки, почти лишенные узора. Камин явно не смотрится.

Невольно я вспомнил каминны малахитового зала Ленинградского Эрмитажа, колонны Исаакиевского собора, малахитовые вазы ленинградских и московских музеев — там малахит играет и блестит, натечный узор малахита

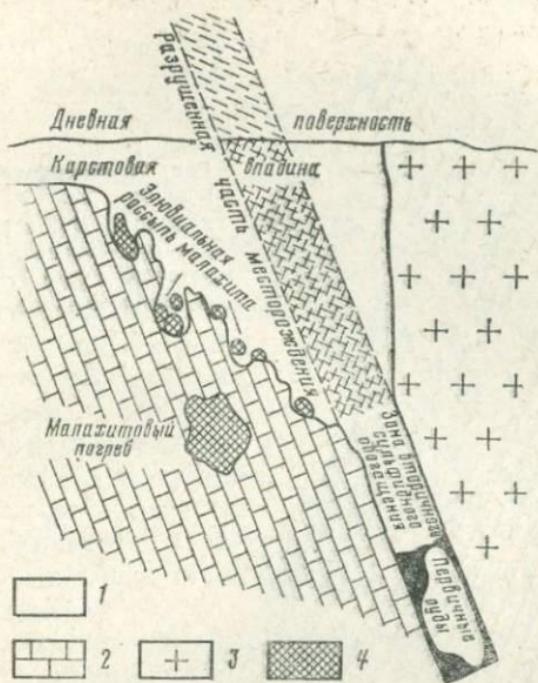


Рис. 14. Строение Меднорудинского месторождения малахита  
 1 — глины коры выветривания; 2 — известняки; 3 — граниты;  
 4 — малахит

протягивается через все изделие, создавая впечатление, что все изделие, колонна или ваза, сделаны из одного куска малахита.

К первой половине XVIII века относится организация уральской горно-металлургической промышленности. Одним из первых горных предприятий был Нижне-Тагильский завод Демидовых, построенный в 1725 г. на открытой еще в 1696 г. высокогорской железной руде. Об этой руде от 7 мая 1697 г. дьяк Виниус писал Петру: «Я сыскал зело добрую руду из магнетита, железо коей лучше быть невозможно». К югу от Высокогорского рудника было открыто в 1720 г. медное с магнетитом месторождение, которое было названо Меднорудянским; его сейчас же стали эксплуатировать для нужд расположенного неподалеку Высокого медеплавильного завода (рис. 14, 15).

В 1760 г. во время своих путешествий по России Нижний Тагил посетил П. С. Паллас. Он пишет, что здесь «добывались изрядные медные руды», а в двух шахтах «ломали не только богатые глины, но также из-

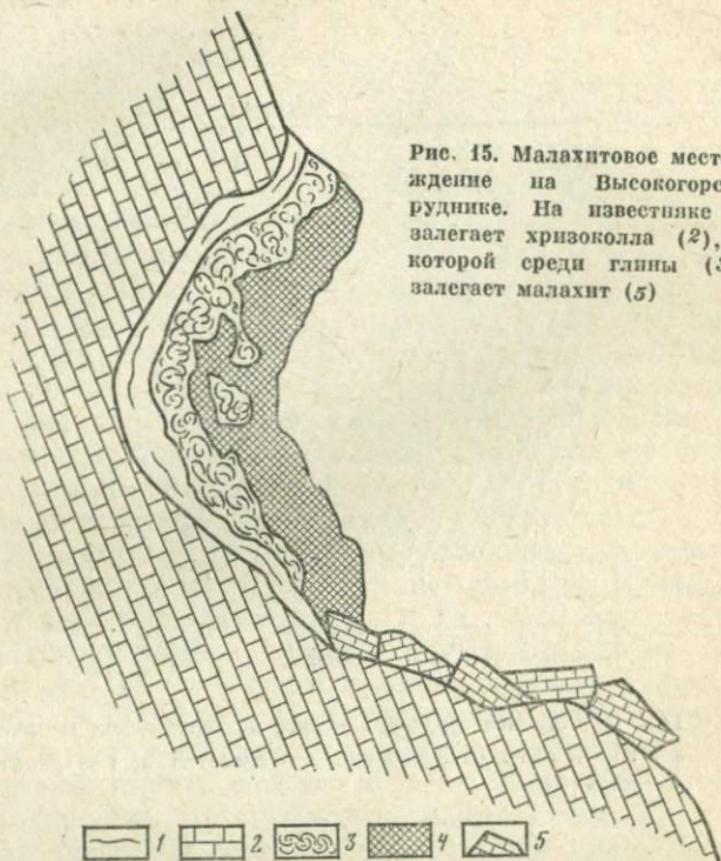


Рис. 15. Малахитовое месторождение на Высокогорском руднике. На известняке (1) залегает хризоколла (2), на которой среди глины (3,4) залегает малахит (5)

рядные почки малахитов, которые положением и глиной во всем подобны были богатым рудам Гумешевского рудника».

Надо отметить, что владельцы медного рудника не придавали значения малахиту, хотя он стоил много дороже рядовых медных руд. Эксплуатация бедного медью Меднорудянского месторождения была невыгодна, и вскоре оно было заброшено. Новое открытие этого рудника произошло в 1813 г. Впервые ювелирный малахит был встречен в этом месторождении в 1831 г. В 1833 г. попадались только мелкие куски малахита, а уже в 1835 г. здесь была встречена (на глубине примерно 70 м) крупная глыба малахита, описанная в «Горном журнале». Меднорудянское месторождение дало главную массу русского малахита.

Меднорудянское месторождение вряд ли можно считать самостоятельным месторождением. Оно, как и дру-

гие мелкие рудные тела в районе, является небольшим ответвлением от главного тела. Происхождение Высокогорского и Меднорудянского месторождений было довольно сложным. Сначала на этом месте в относительно не-глубоком море отлагались известковые осадки. Это были обломки раковин, целые раковины, а частично и химически осаждался карбонат кальция (кальцит). Кальцит цементировал обломки ракушек и целые ракушки. Происходило это примерно 300 млн. лет назад, в эпоху, которую геологи называют палеозойской. Позднее, когда в данном месте образовалась очень большая толща осадков, проходило горообразование. Накопившиеся осадки оказались смятыми и разломанными, через них проходила лава, идущая к вулканам, во множестве образовавшимся на поверхности того времени. Часть силикатного расплава, дающего на поверхности лаву, задержалась на своем пути к поверхности и застыла там, где сейчас располагается гора Высокая, образовав, как говорят геологи, сиенитовый интрузив.

Силикатный расплав, задержавшийся на глубине при движении к дневной поверхности, сильно отличается от лавы, которая изливается из жерла вулкана. В лаве сохраняются в растворенном виде летучие вещества, которые при извержении вулкана вызывают взрывы и уходят в воздух. В составе этих летучих преобладает вода, но есть и разные рудные вещества. Заставление магмы сначала идет относительно спокойно, из нее выделяются такие силикатные минералы, как полевой шпат, роговая обманка, слюда. В результате остающийся расплав обогащается летучими веществами, которые усиленно ищут выход. Как отмечено выше, известняк, вмещающий кристаллизующуюся магму, в результате горообразования был деформирован и изломан. В трещины известняка и устремляются летучие вещества, выделяющиеся при кристаллизации магмы. Так как давление в глубинах, где идет кристаллизация сиенитового интрузива, довольно велико, расплав и отделяющиеся от него растворы очень горячие (несколько сот градусов), то и растворы эти весьма концентрированные. Соприкасаясь с холодными известняками, они растворяют их и химически с ними взаимодействуют. При этом плохо растворимые минералы, такие, как силикат-гранат, магнетит, простая железная руда и ряд сернистых металлов, выпадают на место известняка, формируя вдоль трещин полосы так называемых скарновых руд.

Горообразующие усилия после формирования скарновых рудных тел вынесли как сами руды, так и все окружающие их породы на уровень дневной поверхности, а размывающая сила воды и поверхностных факторов обнажила их.

На все описанные выше процессы потребовалось около 100 млн. лет., а примерно 250 млн. лет назад весь Урал попал в область интенсивнейшего выветривания, и на его поверхности образовалась мощнейшая кора выветривания, пожалуй, даже большая, чем латеритная кора выветривания в Шабе. Подвергся выветриванию и Высокогорский район; за счет сиенитов образовались мощные толщи каолиновых глин, а за счет известняков — опоки и другие кремнистые породы, подобные тем, какие были описаны в Африке. За счет высокогорских магнетитовых скарнов образовались так называемые марцитовые руды (окись-закись железа — магнетит, поглотив довольно много кислорода, перешла в окись железа — марит). В Меднорудянском руднике, кроме магнетита, был еще и медный колчедан, который при выветривании, окисляясь, переходил в медный купорос, взаимодействовавший с окружающим известняком, давая углекислую медь — малахит. В середине XIX в. начали усиленно разрабатывать Меднорудянский рудник. В нем были вскрыты низы коры выветривания, т. е. те части, где на известняке осадилась углекислая медь. Свердловский минералог проф. Г. Н. Вертушков, собирая материалы по малахиту Меднорудянска, показал место добычи малахита в этом руднике.

Вторым уральским месторождением, давшим большое количество малахита, было Гумешевское медное месторождение. Добыча малахита на нем была начата даже раньше, чем на Меднорудянском, но количество добывшего малахита было меньше. Расположено Гумешевское месторождение на небольшой возвышенности, на северо-западной окраине г. Полевского. Когда на месторождении была начата добыча, неизвестно, вероятно, еще в «чудские времена». Новая история месторождения началась в 1702 г., когда по «изгариам» и «старым выработкам» это месторождение открыли жители Арамильской слободы Сергей Бабин и Козьма Сулея. Разработка месторождения была начата в 1735 г. и продолжалась до 1874 г. За это время, как считают, было добыто до 50 000 т меди. Ко времени посещения рудника П. С. Палласом и И. Лепехиным в 1770 г. местные работники высоко ценили

малахит, и им были известны все сорта малахита. Ежегодная добыча на руднике была всего 1–5 т, а в некоторые годы отсутствовала вовсе. Можно заключить поэтому, что общее количество добывшего малахита вряд ли превышало 500 т.

Сейчас малахит, по данным Г. Н. Вертушкова, можно найти в северо-западной части рудника, где он образует обломки и почки размером 1–2 мм. Проанализировав все имеющиеся материалы, он считает, что в целиках месторождения могло остаться до 30–50 т малахита.

В старых описаниях рудника указывается, что малахит встречался вместе с богатой рудой в трещинах, неровностях, углублениях и пещерах в известняке лежачего бока месторождения. Крупная глыба малахита, весившая 170 пудов (2,5 т), кусок которой находится в музее Горного института, была найдена близ лежачего бока на известняке, на глубине около 40 м.

Исследование Гумешевского месторождения было проведено в 1914 г. швейцарским геологом Л. Дюпарком. Ему удалось найти в архивах рудника старые планы, на которых были очень подробно изображены условия залегания малахита. Малахит залегает в низах коры выветривания, непосредственно на поверхности известняка. Позднее, уже в 30-х годах, по данным новой разведки, месторождение описал геолог С. Н. Иванов, который полностью подтвердил данные Л. Дюпарка.

Происхождение Гумешевского месторождения совершенно такое же, как и Меднорудянского. Так же как и там, сначала были образованы первичные сернистые руды, которые позднее были захвачены выветриванием, образовавшим мощную кору выветривания на всем Урале. На Гумешевском руднике остались только самые низы этой коры. К счастью, сохранился весь малахит. Интересно, что в те времена, когда составлялись планы, опубликованные Л. Дюпарком, геологи ничего еще не знали о коре выветривания, но прекрасно ее изобразили.

Кроме Гумешевского и Меднорудянского месторождений, малахит встречался в совершенно подобных условиях и в других местах. В 1920–1934 гг. добыча малахита велась на Коровинско-Решетниковском месторождении, тоже около горы Высокой. Наконец, в 1955 г. малахит был найден в самом Высокогорском руднике. Профессору Г. Н. Вертушкову удалось осмотреть обнажение, в котором выходил малахит. Это, по-видимому, единственная Уральская зарисовка, сделанная специалистом-геоло-

том. Интересно, что в Высокогорском малахитовом гнезде малахит залегает не прямо на известняке, а на ранее выделившейся кремнистой меди — хризоколле, не имеющей ювелирного применения. Быстрые смены различных минералов в низах коры выветривания весьма характерны.

Открытие уральских месторождений малахита произошло в то время, когда строилась новая столица государства Российского и знатные люди государства наперебой стремились перещеголять друг друга роскошью и великолепием убранства своих домов. Первоначально, когда малахита было еще мало, он шел только на брошки, подвески, ожерелья и другие мелкие изделия. Однако, когда стали появляться крупные куски малахита, возникло желание использовать его в качестве декоративного материала. Особенно способствовало этому открытие в конце XVIII столетия метода «русской мозаики», что в применении к малахиту дало замечательные результаты.

Еще в 60-х годах XVIII в. во время посещения Гумешевского рудника П. С. Палласом на этом руднике различали два типа малахита: «бирюзовый», который «скорлуповат наподобие известных ростков, который, несмотря на умеренную его твердость, к полированию весьма способен» и «плисовый» — «изнутри к наружки разлучист, цветом темен, тяжел, богатее первого, на поверхности как бархат, а на изломе как атлас». Указывает он также, что в скорлуповой залежи (малахита) часто случается примечают сталактическое или накипное расположение. Натечная форма и полосчатый узор являются главной прелестью малахита, и это приводило к тому, что яснополосчатый «бирюзовый» малахит ценился в пять раз дороже «плисового», у которого подобные натечные узоры были плохо различимы (рис. 16, 17).

Метод «русской мозаики» позволял максимально выявить узор малахитового натечника и подчеркнуть его в крупных изделиях. Для крупных изделий — ваз, каминов, колонн, которые предполагалось декорировать малахитом, изготавливали основу из какого-либо мягкого камня — мрамора, сланца и т. п., имеющую точную форму будущего изделия. В некоторых случаях, как, например, для колонн алтаря Исаакиевского собора, основу изготавливали из листовой меди, а для архитектурных деталей малахитового зала Эрмитажа основой послужила цементная штукатурка. Затем заготовляли тонкие малахитовые плитки. На поверхности изделия эта плитка может быть толщиной в 1—2 мм или целый сантиметр. Особенно

важно, что после распиловки куска, которая делается обязательно перпендикулярно патечной структуре, как показано на рис. 17, отпиленные пластиночки разворачиваются по принципу «гармошки». В этом случае полосы малахитового узора в двух соседних пластинках обязательно совпадут, и в результате из небольшого куска может быть получена малахитовая облицовка большой площади с единым продолжающимся узором. Если плитка будет иметь дефект, как показано на первой слева пластинке на рисунке, то этот дефект заполняется мелкими кусками малахита, причем и в этом случае мастер старается подобрать узор. На крупных изделиях иногда удавалось протянуть главный узор, на котором останавливается взгляд, через все изделие, создавая неповторимую картину. От таланта мастера-художника зависит, как приступить главный узор, где создать художественный центр и как подчеркнуть узором форму всего изделия или даже интерьер комнаты типа малахитового зала Эрмитажа.

После наклейки «каменной фанеры» на изделие и создания единого узора все изделие целиком подвергается шлифовке и полировке. Это позволяет получить единый рельеф, который зависит от художественного замысла. При шлифовке и полировке малахита вместо наждака применялись «печера» и «английский камень». Сейчас трудно сказать, что это за материалы, указывается лишь, что первое — «не что иное, как мелкозернистый песчаник», а второе — «род тонкозернистого глинистого сланца». Для полировки малахита применялась сначала жженая кость, а затем порошок, составленный из пережженного с крепкой водкой олова и некоторого количества серы.

Изделия, изготовленные по методу «русской мозаики», стали особенно модными в 30—40-х годах прошлого века. Великолепным образцом искусства уральских мала-



Рис. 16. Малахитовые стактиты

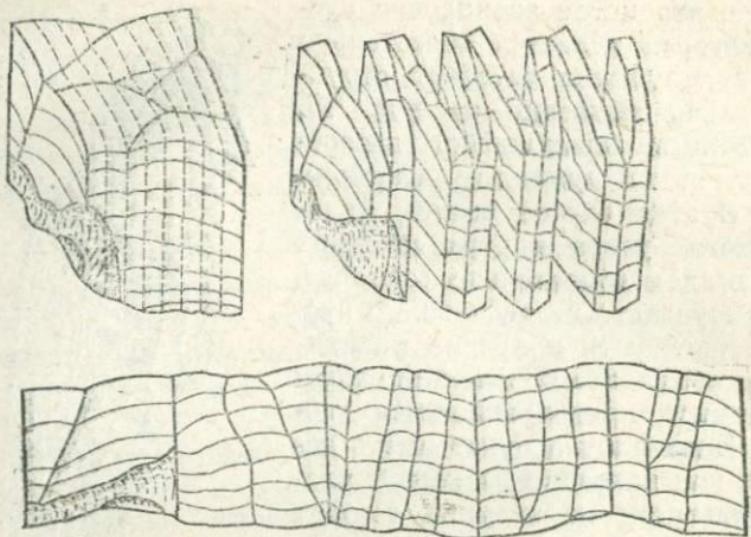


Рис. 17. Распиловка и разворот куска малахита для получения «русской мозаики»

хитчиков служит находящаяся в Государственном Эрмитаже большая ваза с четырехугольным верхом (1839—1842 гг.), выполненная в Екатеринбурге по рисунку архитектора И. Гальберга. Исследователь камнерезного искусства Урала Б. Павловский описывает ее так: «На ножке малахитовой вазы переплетаются темнозеленые узоры, напоминающие сердцевину дерева. Они прорезаны почти черными жилками и окаймлены светло-зеленою каймой. Выпуклые ножки, идущие по низу чаши, не имеют специально организованного узора камня. Здесь в самом причудливом сочетании даются темные и ярко-светлые куски малахита, что создает впечатление мятого зеленого плюша. Борт чаши имеет тот же рисунок, но малахит для него взят более темный. Ножка — единственная большая свободная поверхность, и на ней размещен значительный по величине рисунок».

Из архитектурных изделий наибольшей известностью пользуется малахитовый зал Государственного Эрмитажа. Этот зал после пожара в 1837 г. был отремонтирован под руководством архитектора А. П. Брюллова. На отделку зала понадобилось 125 пудов (2 т) Гумешевского малахита; отделка зала была закончена в 1839 г. Колонны зала и особенно малахитовые камини Эрмитажа — изумительные приме-

ры русской мозаики; узор малахитового патечника продолжается по всей колонне или по всему камину, и кажется, что камин вырезан из единого огромного куска этого узорного камня.

Замечательны колонны у алтаря в Исаакиевском соборе. По краям царских врат стоят восемь огромных малахитовых колонн, выполненных методом «русской мозаики», по четыре с каждой стороны, а непосредственно у врат — небольшие лазуритовые, но и эти небольшие колонны имеют высоту около 5 м и диаметр 62 см. На их облицовку пошло 1256 кг лазурита. Малахитовые колонны имеют высоту 9,7 м при диаметре 42 см. Они сделаны прекрасно, узоры малахитового патечника идут под углом к оси колонны, подчеркивая красоту камня и всего иконостаса. На изготовление этих колонн пошло около 20 т малахита. «Русская мозаика» по праву носит название «русской», в честь мастеров-малахитчиков Урала и Петергофа.

Малахит на Высокогорском и Гумешевском рудниках исчерпан полностью. Если будут открыты новые медьюодержащие месторождения, залегающие в известняках и захваченные мощной корой выветривания, то в них возможны и новые небольшие малахитовые месторождения. То, что месторождения малахита невелики и быстрорабатываются, видимо, является общим законом, на что указывал и Бируни в своей книге. Очевидно, эта особенность отражает условия образования этого минерала, его связь с корой выветривания и известняками.

Заканчивая раздел, посвященный малахиту, я бы хотел обратить внимание любителей камня на еще одну интересную разновидность, связанную с малахитом. Малахит редок только в ювелирных разностях — плотных патечниках, хорошо поддающихся шлифовке, но вообще говоря, это очень обычный минерал, и любые окисленные медные руды всегда содержат малахит. Однако этот малахит совсем не такой, как в поделочных кусках, иногда это просто окраска других безрудных минералов в зеленый цвет, иногда мелкие зерна малахита между другими минералами, часто тоже медными, например хризоколла — кремнистая медь, а также различных фосфатов меди. Эти ярко-зеленые минералы совершенно справедливо называют медной зеленью. В ряде случаев встречаются ярко-синий медный минерал азурит — медная синь и многие черные окислы или сернистые минералы — медная чернь. Скопления черни, зелени и сини в окисленных

медных рудах довольно обычны. Особенно характерны они для осадочных медных руд, так называемых меди-стых песчаников, развитых в природе довольно широко.

В областях, прилегающих к Красному морю, продают много украшений с зеленым, по очень пестрым, с черными, синими, а местами и белыми пятнами так называемым элатским камнем, по имени города Элат (Израиль). Из элатского камня делают вставки в кольца и перстни, обычно ограненные кабошоном; вставки в браслеты, подвески; изготавливаются из элатского камня различные бусы. В качестве оправы этих дешевых, но довольно красивых камней используется серебро, различный белый металл и золоченая бронза. Главную массу элатского камня слагает перудный минерал полевой шпат, отчасти кварц, густо пропитанный малахитом, местами вместе с густо-синим азуритом, а также с густо-черными участками, видимо, мелкокристаллических сульфидов меди типа халькантита и ковеллина.

Мне удалось побывать на месторождении элатского камня. Оно располагалось на крайнем юге Израиля неподалеку от г. Элат — города-порта на берегу Акабского залива Красного моря. Место это геологически крайне интересное и привлекает самое пристальное внимание геологов.

Дорога из Элата в Иерусалим идет по рифтовой долине, по самой низине. Здесь редки источники пресной воды и почти нет населения. Километров через 60—80 к западу от дороги расположен рудник Тимна. По существующей легенде, здесь были знаменитые «копи царя Соломона», откуда этот царь черпал свои сокровища. Руда месторождения Тимна представляет собой песчанистые осадки, переполненные медными минералами. Содержание меди в этих песчаниках относительно невелико, около 1%, но местами в руде встречаются богатые минералами участки. Весьма интересно, что возраст месторождения Тимна может быть близок к месторождению Кольвези. Руды Тимны считают нижнепалеозойскими или даже рифейскими.

В Советском Союзе имеется много выходов меди-стых песчаников, и, конечно, среди них можно найти очень интересные образцы, вполне пригодные для полировки и отделки. Месторождения меди-стых песчаников известны в Донбассе. Славится этими породами пермское Приуралье. В петровские времена, как говорят, здесь даже были медеплавильные заводы, но впоследствии они были

оставлены, слишком мало содержание меди в руде. Замечательные зеленые образцы медных руд можно собрать в Казахстане, в районе Джезказганских медных месторождений. Тот же тип руд имеется и в крупном Удоканском месторождении меди в Сибири.

Так или иначе любителям камня стоит заинтересоваться медистыми песчаниками.

## БИРЮЗА

*Сплошные массы, в виде почек, сталактитов, корочек, а также прожилки, зерна в каолине, буром железняке и других измененных породах. Цвет небесно-голубой, голубовато-зеленый, яблочно- или серо-зеленый. Излом раковистый, относительно хрупок. Твердость 5—6; царапает нож, но сама царапается напильником. Плотность 2,6—2,8. Легкие разности обычно пористы; по составу — фосфат алюминия и меди, содержащий 9,6% окиси меди; 36,8% глинозема; 34,1% фосфорного ангидрита; 19,5% воды.*

Из современного учебника минералогии

*Говорит Наср о бирюзе, что это голубой камень, тверже лазуриста; привозится он с гор Сан, местности Хан-диванд у Нишапура; он допускает применение воды при шлифовке о твердый камень; затем при обработке напильником его смягчают маслом — чем более он влажен, тем ценнее; с течением временъ твердость его усиливается, а цвет сгущается.*

Бируни А. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия).  
М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 158

Лет десять тому назад мне пришлось работать с одним разведочным отрядом в горах Тамдытау в Центральных Кызылкумах. Поверхность этих мест, как и вообще Центральной Азии, включая и Тибет, в высшей степени интересна. Больше всего местность напоминает огромные горные хребты, засыпанные песком. Можно довольно долго ехать по песчаной равнине и вдруг совершенно неожиданно возникает высокий, очень изрезанный хребет. Равнина сложена молодыми осадками, а в хребтах обычно выходят древние породы, очень сильно измятые во время горообразовательных процессов.

Работа папа подходила к концу, когда выяснилось, что не очень далеко имеются старые выработки, где велась древняя добыча бирюзы.

Сами старые выработки, как правило, совсем неинтересны. Это обычно большая яма или залитая водой, или засыпанная камнями, а иногда, если поблизости есть

человеческое жилье, то в старых карьерах просто располагается свалка. Вместе с тем около них часто сохраняются отвалы, а иногда, если посчастливится, то удается найти и забытый склад руды, добывавшейся в руднике. На этот раз около старых выработок нас ждало разочарование. В процессе разведок предыдущих лет все, что можно было собрать, было собрано, и нам оставалось только удовлетвориться остатками окисленной меди и не очень интересным серным колчеданом. Осталась еще одна выработка на вершине холма. Мы поднялись туда — и ничего нового. С восточного склона этот холм круто, почти обрывом спускается к пескам пустыни, высота склона 300—400 м. Верх склона сложен очень твердой черной кремнистой породой. Это черный кремень, или лучше его назвать черной яшмой — лидитом. Кремень окрашен очень тонко распыленным углистым веществом. Ветер и песок пустыни, расположенной тут же внизу, отполировали обрыв до блеска. Местами в черном кремне видны белые кварцевые жилки с медной рудой, местами слои несколько изогнуты и опять встречаются кристаллы рудного минерала.

Кажется, начинаю понимать, почему здесь появляется бирюза: в этом кремнистом слое есть и фосфор, и медные соединения. Нужно только, чтобы все это попало в область выветривания и тогда создадутся необходимые условия для образования бирюзы. Продолжаю идти и останавливаюсь как вкопанный. На ярко-черной блестящей скале проходит длинная, через всю скалу, тонкая, всего 1—2 мм, небесно-голубая жилка прекрасной бирюзы. Несколько часов мы пытались отбить хотя бы несколько небольших образцов. Все наши предположения были подтверждены, не осталось никакого сомнения в приуроченности здесь бирюзы к низам коры выветривания.

Бирюза является древнейшим драгоценным камнем, широко использовавшимся как украшение в древнем мире. В истории известно четыре основных бирюзонасных региона, сырье из которых поступало на рынок. Во-первых, район западной части Синайского полуострова, откуда черпали камни для украшений египетские фараоны. Во-вторых, несколько позднее появился крупнейший центр добычи бирюзы в Средней Азии и на севере Ирана. Отсюда получали драгоценный камень древние восточные правители. Совершенно изолированными центрами добычи бирюзы являются месторождения Китая.

Бирюза отсюда могла попадать и в западный мир, но только в очень небольших количествах. Четвертым центром добычи бирюзы была Америка, где бирюза встречается во многих культовых изделиях и бытовых украшениях. Все эти центры добычи бирюзы продолжают эксплуатировать до сих пор, и пока не найдено новых месторождений этого камня.

Древние бирюзовые копи Синая расположены не сколько юго-восточнее небольшого городка Абу-Зенима, на западном берегу полуострова. В этом районе известны также несколько небольших месторождений меди и марганца. На марганцевых рудниках до последнего времени была добыча руды. Медные месторождения, к которым приурочены месторождения бирюзы, заброшены. Однако кое-где сохранились подземные выработки, и местные бедуины временами ведут добычу драгоценного камня, сами обрабатывают добытый материал и продают изделия. Имеются данные, что на месторождении в Вади-Магарех (Долина пещер) добыча бирюзы имела место еще при фараоне Семерхете VII, который правил около 5300 г. до н. э. Наиболее вероятно, однако, что добыча имела место и ранее. Указывается также, что месторождения Джебель-Серабит и Кхадим разрабатывались еще в 4800 г. до н. э. Работы возобновились после того, как в 105 г. н. э. римляне оккупировали этот район и удерживали его до 603 г. н. э. Во время владычества в Египте мусульман бирюза, видимо, не добывалась.

В 1950 г. копи посетил К. Х. Барлоу — типичный «охотник за камнями». Копи были заброшены, но не сколько выходов бирюзы он нашел. Бирюза встречается в вертикальных жилах, секущих нижнемеловые (нубийские) песчаники. Признаком, свидетельствующим, что в данном месте может быть бирюза, является буро-красный цвет песчаников. Можно предполагать, что красный цвет является результатом выветривания и окисления медных руд. Первичные медные руды, как правило, представлены медным колчеданом — минералом, содержащим медь, железо и серу; при окислении колчедана под действием выветривания и кислорода воздуха сера дает серную кислоту, разлагающую вмещающие породы и извлекающую из них фосфор и глинозем, которые вместе с медью идут на построение бирюзы, а железо сначала растворяется в воде в виде железного купороса, а затем, окисляясь дальше, выпадает в виде бурого железияка, окрашивающего песчаники.

Количество бирюзы, добытой на Синае, исследователи определить не могли, но, судя по тому, что в лучшие годы добывалось до 882 фунтов (403 кг), они полагают, что общее количество бирюзы, добытой здесь, довольно большое.

Добыча бирюзы из месторождений Северного Ирана и Средней Азии велась еще во время древнего Персидского царства и продолжается до сих пор. Наиболее известно в этом районе Нишапурское месторождение, бирюза которого служит образцом лучшей бирюзы. Оно расположено в Северном Иране, в провинции Хорасан, к западу от г. Мешхеда, между городами Кучан и Нишапур, близ села Мааден. Собственно, точное название села — Фирюза-Мааден, чтобы отличить его от соседнего села Мааден, где живут рудокопы, добывающие медь из рядом расположенного месторождения. Фирюза — это название бирюзы на фарси, мааден — руда, рудник — термин, ставший на Востоке международным (вспомните рудник Маднеули на территории Грузии, несколько рудников Маден в Турции и два рядом расположенных поселка Маден и Рудозем в долине р. Арде в Родопах в Южной Болгарии). В 500 км от Нишапурского месторождения в Иране сейчас разрабатывается еще месторождение Дамган, дающее, видимо, очень хорошую бирюзу.

Лучшие описания Нишапурского месторождения принадлежат русским путешественникам. Еще в 1886 г. это месторождение посетил К. Богданович, крупный геолог Петербургского геологического комитета, один из основателей учения о рудных месторождениях, и позднее, уже в 1930 г., — советский геолог А. Ф. Соседко. Описания путешествий К. Богдановича посвящены не только геологии, но и условиям жизни Северной Персии сто лет тому назад. К северу от села Фирюза-Мааден располагается гора Али-Мирза высотой порядка 2000 м. Бирюза встречается только на южном склоне этой горы на площади около 2 км<sup>2</sup>. Добыча бирюзы ведется из отдельных небольших выработок, которые довольно быстро забрасывают. В момент его посещения работали пять шахт, в одну из них К. Богдановичу удалось попасть. Шахта имела глубину 15 сажень (более 30 м). В выработках нет никакого крепления. Шахта для облегчения передвижения по ней выложена местами крупными кусками породы. Рабочие знают каждый выступ и каждое углубление в стенках шахты, за которые нужно браться руками и о которые нужно опираться ногой — иначе

передвижение по этой шахте невозможно. Добыча бирюзы ведется с помощью небезопасных порохострельных работ; в шпур, забуренный вручную, засыпается порох, а сверху кладут своеобразную «затравку» — щепотку пороха, завернутую в вату, конец которой сущен в веревку длиной в дюйм-полтора (3—5 см). Этот конец зажигает какой-либо смельчак, которому, несмотря на навык, «нередко и достается».

Для освещения служат небольшие глиняные лампочки или просто черепки, наполненные жиром с опущенной в него светильней. Пустая порода выносится на поверхность в решетах. В штреке эту работу выполняют дети, а в шахте — старики. Бирюза встречается в сильно раздробленной вулканической породе и образует в ней систему небольших жилок толщиной от полдюйма (1—1,5 см) до нескольких линий (2—4 мм). Временами в мощных жилках бирюза белеет — она выветрилась и превратилась в «жирное глинистое вещество». Мелкие жилки не непрерывны, это примазки и участки среди бурого железняка. Местами жилки пересекают бурый железняк и обломки вулканической породы. Иногда бирюза даже цементирует обломки этой породы.

Первая сортировка бирюзы происходит у забоя с помощью небольшого молотка и наковальни и тут же складывается в кожаные и холщевые мешки. В первые — лучший сорт, во вторые — худшие образцы и крупные куски вместе с породой. По выходе рабочих рудники каждый раз запирают на замок. Кроме коренной бирюзы, встречающейся в плотных породах в толще горы, руда встречается и под горой, в осыпавшейся сверху породе. Местные жители копают здесь многочисленные мелкие выработки для ее добычи.

Через 44 года в бирюзовых рудниках близ Фирюзы-Мааден побывал А. Ф. Соседко. Время прошло мимо рудника; картина, которую он описал, — еще более страшная, чем та, о которой рассказал К. Богданович.

Самым последним из известных мне описаний Нишапурских месторождений было сообщение корреспондента ТАСС Ашира Ахмедзянова, опубликованное в журнале «Неделя» (№ 41/657 за 1972 г.). Некоторые приводимые им сведения могут быть интересны для любителя камня. Он пишет: «Сегодня в Иране, как и в далекие времена, славится нишапурская бирюза. За ней следуют камни из „нового“ месторождения — Кашмера, городка, расположенного „в пяти днях пути“, а по нынешним меркам —

в четырех часах езды на машине к юго-западу от Мешхеда. И третье месторождение бирюзы — Кучан. Правда, камни из копей Кучана не высоко ценятся. Их легко узнать — густо-зеленого оттенка с крапинками других пород, похожие на уральский малахит, но в отличие от последнего полируются и обрабатываются плохо и имеют тусклый цвет. Из них, как правило, делают крупные кулонь, браслеты, их очень редко вправляют в перстень. Кучанскую бирюзу иранские ювелиры сбывают западным туристам, которых привлекают размеры камня.

И вот мы в Нишапуре. Владелец аккуратной и чистенькой гостиницы, где мы остановились, узнав, что мы хотели бы встретиться со знатоком бирюзы, долго перебирал в памяти имена местных ювелиров и, наконец решительно отвергнув их всех, предложил поехать к торговцу зерном. На наш недоуменный взгляд он лишь хитро улыбнулся.

Торговец зерном Машиди Багерзаде в течение восьми лет был управляющим бирюзовыми копей Нишапура.

„Было время, — начал он, — когда чуть ли не половина жителей этого города добывала себе на пропитание бирюзой. И теперь доходы от бирюзы составляют около 6 миллионов долларов, и на добыче, обработке и сбыте ее занято не менее 7—8 тысяч человек. Прежде чем продать вам красиво отполированный небесно-голубой камень, нишапурец сам бросит на него нежный и восхищенный взгляд — это его творение, в которое он вложил не только свое искусство, но и любовь“.

Уже в далеком прошлом персидские шахи установили свою монополию на бирюзу. Добыча велась только государственными, „служилыми“ людьми, и вся продукция поставлялась в шахскую казну или сокровищницу. Торговля бирюзой приносила немалые доходы казне.

Стоимость хорошей бирюзы, если считать по весу, в три-четыре раза дороже золота. Это объясняется тем, что хорошего качества бирюза добывается в очень незначительных количествах и тем, что слишком высок на нее спрос. Большую часть добываемой бирюзы Иран экспортирует в Индию и в Западную Германию.

Шахская сокровищница в подвалах Центрального банка располагает уникальной коллекцией прекрасной бирюзы. Однако любители камней больших размеров будут разочарованы, их здесь немного. Объясняется это, видимо, тем, что в природе нечасто встречаются крупные камни, обладающие по всей поверхности ровным цветом.

В прошлом среди феодалов была широко распространена мода украшать бирюзой винные бокалы из серебра и кофейные чашки. Это делается и сегодня. Особенно часто встречалась бирюза в оформлении кальянов, сам сосуд для воды, его гибкая трубка и мандштук богато украшались бирюзой. В шахской сокровищнице большая коллекция таких кальянов. Особенно привлекает внимание кальян шаха Насер-эд-Дина Каджара, инкрустированный бирюзой высшего качества.

Самым примечательным в коллекции бирюзы шахской сокровищницы, несомненно, является тиара шахини Фарах Пехлеви. В тиаре, пожалуй, наиболее крупные камни бирюзы. Они расположены по центру, от них отходят лучи, на которых бирюза чередуется с бриллиантами, и заканчиваются крупными яйцеобразными камнями той же бирюзы.

Хотя вера в чудодейственную силу этого камня в наше время не так уж сильна, число представительниц нежного пола, желающих подкрепить свои чары бирюзой, не уменьшилось».

Среднеазиатский бирюзонасыный район почти непосредственно прилегает к Северному Ирану. Одно из месторождений, расположенное в крайней северо-западной части всего рудного поля, описано выше, в самом начале главы. Геологическое строение среднеазиатских месторождений довольно похоже на строение Нишапурского месторождения. Среднеазиатские месторождения также разрабатывались в глубокой древности, и почти везде были обнаружены старые горные выработки.

Месторождения Средней Азии изучены сейчас довольно хорошо, но относительно происхождения этих месторождений возникли очень большие научные споры, которые, однако, имеют большое практическое значение. Большой знаток бирюзы геолог Т. И. Менчинская в течение многих лет доказывает, что бирюза образуется в результате отложения из поднимающихся с больших глубин горячих вод. Другая точка зрения, которую развивает узбекский геолог В. Х. Клявин, предполагает, что образование бирюзы связано с поверхностными водами, богатыми кислородом и вызывающими выветривание. Иначе говоря, он считает, что бирюза является минералом коры выветривания.

Если права Т. И. Менчинская, то бирюза может добываться на очень больших глубинах. Если же прав В. Х. Клявин, то бирюза должна залегать только на

строго определенной глубине — в низах коры выветривания — и полностью выклиниваться в глубину. Хотя Т. И. Менчинская является сторонником образования бирюзы под действием глубинных растворов, но, излагая свой фактический материал по среднеазиатским месторождениям бирюзы, она фактически опровергает эти представления, указывая, что «бирюза локализуется в зоне вторичного сульфидного обогащения и значительно реже (встречается) в зоне первичных руд». Зона вторичного обогащения рудных месторождений — это самая нижняя часть коры выветривания рудных месторождений.

Вывод о приуроченности бирюзы к коре выветривания, конечно, очень печален, так как верхние горизонты рудных месторождений быстрорабатываются, а когда все поверхностные части, все выходы меднорудных тел в коре выветривания будут отработаны, то бирюза станет минералом прошлого.

В связи с бирюзой следует вспомнить еще и об синем или зеленом, связанном с медными месторождениями «армянском камне». Его, в частности, описал великий Плиний, погибший во время извержения Везувия в 79 г. н. э. Он указывает, что из этого камня получали очень ценную синюю краску. Что это за камень, до сих пор никто не знает. Ни малахита, ни бирюзы до последнего времени не только в Армении, но и вообще в Закавказье не находили, и только в самое последнее время бирюза была описана в месторождении Маднеули, находящемся к юго-востоку от Тбилиси. Наконец, уже совсем недавно бирюза найдена и на Алaverдском месторождении в северной Армении, не далеко от Маднеули. Не говорит ли это о том, что бирюза как раз и была «армянским камнем» древних авторов, но поскольку закавказские месторождения в значительной степени выработаны, то в них сохранились только очень небольшие остатки бирюзы.

С бирюзой Китая я ознакомился в Наньяне, где осматривал большой камнерезный завод. Сырую бирюзу получают непосредственно с рудника, расположенного, как мне говорили, относительно недалеко от завода, в соседней провинции Хубей. Описаний этих месторождений на европейских языках нет. Однако уже простой осмотр образцов (в момент моего посещения в цехе стояло несколько ящиков с бирюзой) показал, что происходят они явно из коры выветривания. Все образцы сложены в основе своей бурым железняком, обычно довольно плотным. Бирюза образует более или менее округлые желваки, плотные,

голубые, резко выделяющиеся на фоне бурого или желто-бурого железняка. Иногда эти желваки достигают 1—2 см, очень часто мелкие, в 1—2 мм, и, наконец, очень редко желваки достигают 5—8 см. Гораздо чаще отдельные желваки сливаются между собой; два-три желвака дают единый несколько неправильный агрегат. Иногда отдельный желвак, подобно ежу, покрыт с поверхности мелкими желвачками, на которых, кроме того, еще имеется рельеф из мелких торчащих в стороны коротких иголочек-кристаллов. Получаются желваки в силу того, что один возникающий кристалл служит затравкой для выделения следующего. В результате из растворов, содержащих нужные компоненты, кристаллы бирюзы выделяются один рядом с другим, давая сплошные массы — желваки — агрегаты кристаллов.

Получив образец сырой добытой на руднике бирюзы, мастер на твердом абразивном круге обдирает бурый железняк, но только в тех местах, где его много, обнажая при этом бирюзу. Отдельные мелкие буро-железняковые жилки, глубоко внедрившиеся в желвак, обычно не трогают. После обдирки мелкие желвачки поступают в окончательную огранку и полировку. Из этих желвачков делают вставки в кольца, ожерелья, броши и другие мелкие изделия.

Самой важной на заводе является художественная группа; сюда поступает «ободранная» бирюза в относительно крупных желваках или в крупных группах сросшихся желваков. Художник придумывает фигурку или группу, которая полностью с максимальной выгодой использует весь кусок бирюзы, чтобы проходящие по бирюзе мелкие жилки лимонита органически вписывались бы в фигурку. После художника кусок бирюзы поступает к резчику, который, действуя мелкими фрезами, воплощает замысел художника в миниатюрную скульптуру. Конечно, все это ведется под непосредственным наблюдением художника, который учитывает все повороты жилок лимонита и изменения характера камня.

Особенно сильное впечатление на меня произвели две скульптуры. Первая — небольшая девушка, сантиметра 3 высотой, изящно изогнувшись, одетая в свободные одежды, перехваченные в талии пояском. Художник, изготавливший ее, рассказал, что поворот головы и верхней части туловища, а также несколько отодвинутая рука обусловлены формой бирюзового желвака. Особенно красив был пояс. По нему, переплетаясь с изгибами бирюзовой

одежды, проходила золотисто-бурая нитка — бывшая лимонитовая жилка. Этот пояс свободно свисает над складками широкой юбки и заканчивается очень эффектной золотисто-бурая кистью. Вся эта фигурка — наследие формы первоначального сростка сырой бирюзы. Он состоял из нескольких желвачков, между которыми глубоко в толщу бирюзы вдавалась тонкая зонка промежуточного бурого железняка. Умение художника превратило дефект камня — бурую зонку — в его украшение.

Второе, запомнившееся мне изделие,— это группа из двух девушек: служанки и госпожи. Их положение также полностью определялось формой плоского сростка желвачков бирюзы. Общая высота этой композиции около 10 см. Положение служанки, форма беседки — все это отражение формы бирюзового желвачка. Глубокая «пустота» между служанкой и пальмой и сама форма пальмы связаны с тем, что здесь проходили довольно мощные жилки лимонита, которые желательно было убрать, так как они уродовали кусок бирюзы. Предполагалось, что эта скульптура будет поставлена на экспорт в Бирму или Сингапур. Оценивалось это изделие примерно в 20 тыс. юаней (в те времена юань по цене был примерно равен десяти долларам).

Судя по количеству изделий из бирюзы и тому материалу, который я видел на наньянском камнерезном заводе, Юйсенское месторождение является одним из крупнейших в мире. Видимо, отсюда шла в Тибет и та бирюза, которая хранится на тибетских украшениях в западных музеях. Следует, однако, отметить, что в тибетских ювелирных магазинах я не встречал хорошей бирюзы. Главной драгоценностью, которой там торговали, была слоновая кость и коралл, красный и розовый.

Однажды меня заинтересовало большое бирюзовое ожерелье. Камни этого ожерелья были весьма оригинально отделаны: несмотря на хорошую полировку, они сохранили неправильные формы естественного обломка и были закреплены таким образом, что оправу их почти не было видно. Кроме того, цвет камней был несколько иным по сравнению с теми изделиями из бирюзы, которые мне приходилось видеть. Если среднеазиатская и персидская — Нишапурская — бирюза в лучших образцах имеет «цвет голубого неба», а в более низких сортах несколько отдает в зеленые тона, то китайскую бирюзу можно назвать, пожалуй, голубовато-белой, прекрасные китайские камни всегда несколько белесые, поэтому они

особенно хорошо смотрятся в серебряной оправе. Камни в ожерелье были более густые, чем даже иранские. Я бы не назвал их голубыми, они скорее светло-синие. Позднее я узнал, что оно было приобретено у индейцев в южных штатах США. На обработке бирюзы в США специализировались именно индейцы, которые очень своеобразно обрабатывают бирюзу из местных месторождений.

Позже мне довелось довольно много читать об индейской бирюзе и о рудниках этого камня в США. Еще в доколумбовые времена бирюза была излюбленным камнем для украшения бытовых предметов и предметов религиозного культа. Особенно знамениты маски, покрытые бирюзовой мозаикой; они были найдены в индейских погребениях в Гондурасе. Одна из таких масок была представлена на выставке древнеиндейского искусства в Москве. Мaska имеет размер нормального человеческого лица и выложена хорошо полированными голубыми камнями размером 1—2 см<sup>2</sup>. Маска лежала под стеклом, и поэтому рассмотреть ее было довольно трудно, но мне кажется, вопреки подписи, что часть камней была не бирюзой, а амазонитом. Очень много изделий из бирюзы найдено в индейских могильниках. Особенно известны такими находками округ Санта-Фе в штате Нью-Мексико.

В Северной Америке, особенно в южной части США, известно несколько десятков рудников, где ведется или велась добыча бирюзы. Отдельные месторождения бирюзы расположены в штатах Алабама и Аризона. В штате Колорадо имеется довольно крупный рудник бирюзы — Ла-Хари (иначе — копи Маисаса), который ранее разрабатывался индейцами. Указывается, что еще в 1947 г. в Калифорнии было добыто до 900 кг бирюзы. Особенно большое количество бирюзовых рудников имеется в штатах Невада и Нью-Мехико. Лучший камень и в наибольших количествах добывается в штате Нью-Мехико. Ряд рудников здесь найден по старым индейским выработкам. Известны в США и знаменитые находки. Иногда встречаются куски бирюзы до 2 кг весом, а в одном случае был найден кусок бирюзы с сеткой лимонита весом около 30 кг.

Весьма характерно, что все бирюзовые месторождения приурочены или к медным месторождениям, или к мелким проявлениям медных минералов, а также к областям развития коры выветривания. Бирюза везде залегает среди каолина и лимонита, часто в ассоциации с серицитом и ярозитом. Все эти минералы — типичные продукты

коры выветривания. Причем выветриваются как различные лавы (трахиты и риолиты), так и различные глубинные породы (сиениты, сланцы, монцониты). Для меня было очень интересным прочесть, что на одном из рудников Невады бирюза образует жилки в черном джаспероиде. Джаспероид — это кварцевая порода, похожая на яшму, иначе говоря, это описание полностью совпадает с тем, что мне пришлось видеть в Кызылкумах. Любопытно, что рудник этот называется «Смит-Блек-Матрикс» — Смитовский «с черным фоном».

Происхождение бирюзы в рудниках США, как, впрочем, и во всех других, совершенно отчетливо: бирюза — водный фосфат меди и глинозема; при разрушении — выветривании — вмещающих пород оттуда заимствуется глинозем и фосфор, а медь идет из разрушающихся медных руд или мелкорассеянных медных минералов.

Весьма характерно, что каждый рудник как бирюзовый существует очень небольшое время. Бирюзу находят тогда, когда рудник доходит до нижних границ коры выветривания, однако этот минерал быстро вырабатывается, бирюза исчезает, когда рудник полностью выходит из коры выветривания и доходит до расположенных ниже первичных руд, где медь связана с серой в колчедане, а фосфор и глинозем слагают апатит и полевой шпат вмещающих пород.

Своеобразие распространения бирюзы в рудниках находит очень интересное объективное отражение в стоимости добытого драгоценного камня.

Описаний рудников Южной Америки пока нет. Видимо, здесь не было и особого интереса к этому драгоценному минералу.

Каждый любитель камня и минералог должен иметь в виду, что для бирюзы, вопреки существующим в нашей ювелирной промышленности нормам, ценен любой, даже маленький кусочек. Любая самая незначительная вставка бирюзы в кольцо или браслет прекрасно смотрится и очень украшает изделие. В старинных серебряных кольцах и браслетах кавказских курдов-изидов, а также старинных иранских ювелирных изделиях бирюза использовалась в самых мелких вставках. Вспоминается очень красивое кольцо, где в качестве «камня» была поставлена филигранная серебряная пластинка, в которую было вделано больше десятка бирюзовых камней размером около миллиметра. Очень красив был серебряный филигравный браслет с размещенными по центру крупными бирю-

зовыми камнями: в самом центре камень размером около 5–5,5 мм в поперечнике, а далее более мелкие — до 2,5 мм; все это вокруг осыпано мелкими вставочками бирюзы, каждая из которых имела менее 0,5 мм в поперечнике. Конечно, использование мелкой бирюзы — это дело художника, и тут возможны самые различные решения.

Недавно в литературе был описан применяемый американскими индейцами способ отделки мелкой бирюзы для вставки в кольца, браслеты и другие недорогие ювелирные изделия. Рекомендуется в металлическое кольцо на эпоксидной смоле вставлять возможно плотней кусочки мелкой бирюзы. Иногда в центре такой композиции или как-нибудь иначе вставляется обломок коралла для создания красновато-розового пятна на голубом фоне. После затвердевания эпоксидной смолы вся мозаика шлифуется и полируется совместно.

Бирюза очень хорошо выглядит в неправильных и плоских камнях, поэтому в старинных иранских изделиях часто встречались пластинки бирюзы, иногда причудливо изогнутые.

Бирюза очень благодарный камень, и человек с художественным вкусом и умелыми руками сумеет увидеть красоту даже в самом плохом кусочке.

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДРАГОЦЕННОГО КАМНЯ

Во всем мире существует довольно крупная промышленность цветного камня, а для некоторых стран экспорт драгоценного и поделочного камня является основным источником валютных поступлений.

Потребность в цветном камне первоначально определялась стремлением украсить себя, свой быт, одежду, сбрую коня и, конечно, оружие. В качестве украшения, кроме камня, использовали кости, клыки, зубы, рога и когти животных. Бируни в своем трактате (Х в. н. э.) говорит: «Вслед за одеждой идут в качестве украшений драгоценные камни... [используемые]... согласно установленному обычаю каждой местности для... мужских перстней, царских корон... у женщин [драгоценные камни идут] на гребни, венцы, браслеты, пожные кольца, покрывала, наручные и шейные украшения и ожерелья».

На заре истории культуры камень, особенно редкий, стал также мерилом богатства. Правители даже небольшого царства, например «госпожа Шуб-Ад» из древнего Ура, осыпали одежду драгоценными камнями, массой, а также ценностью камня подавляя лишенный такого богатства простой люд.

Драгоценный камень и художественные изделия из камня до сих пор сохранили свое значение ценности, а накопление драгоценностей и сейчас иногда рассматривают как прочное помещение капитала для длительного хранения. Образцом такого «капитала» являются драгоценные сари индийской женщины, кайма которых содержит золотую нить; на руки и ноги надеты многочисленные браслеты с камнями, пальцы рук и ног украшены многочисленными кольцами и перстнями. Конечно, камень вправлен в серьги и даже вделан в проколотую поздрю. Все это — выражение господствовавшего ранее в Индии принципа, что «женщине принадлежит только то, что на нее надето».

Кроме ценности камня, на заре человеческой истории драгоценному камню стали приписывать различные чудодейственные свойства.

Можно привести следующие старинные рецепты: «мопрон-камень, кто на шее носит, тот не будет страдать меланхолией, и если имеет надущую болезнь, то выздоровеет. Если воин на левой стороне в оружии своем носит алмаз, то не будет убит. Алмаз, носимый в перстне на руке, лихие сны отгоняет и приносит пользу беснующимся и лунатикам». «Изумруд аще в питие положить уймет смертоносную ядость, к укущению ядовитых змей уздравляет». «Аметист от пьянства, мысли лихие отводит».

Существуют и иные поверья. Так, указывается, что алмаз символизирует невинность, агат — долголетие и здоровье, топаз — дружбу, бирюза обеспечивает успех при продаже больных лошадей. Каждый, чтобы быть счастливым, должен носить в перстне камень того месяца, когда он родился. Для января — гиацинт или гранат, февраль — ametist, март — яшма, апрель — сапфир и алмаз, май — изумруд, июнь — халцедон или агат, июль — сердолик и рубин, август — сардоникс, сентябрь — хризолит, октябрь — аквамарин или опал, ноябрь — топаз и декабрь — хризопраз или бирюза.

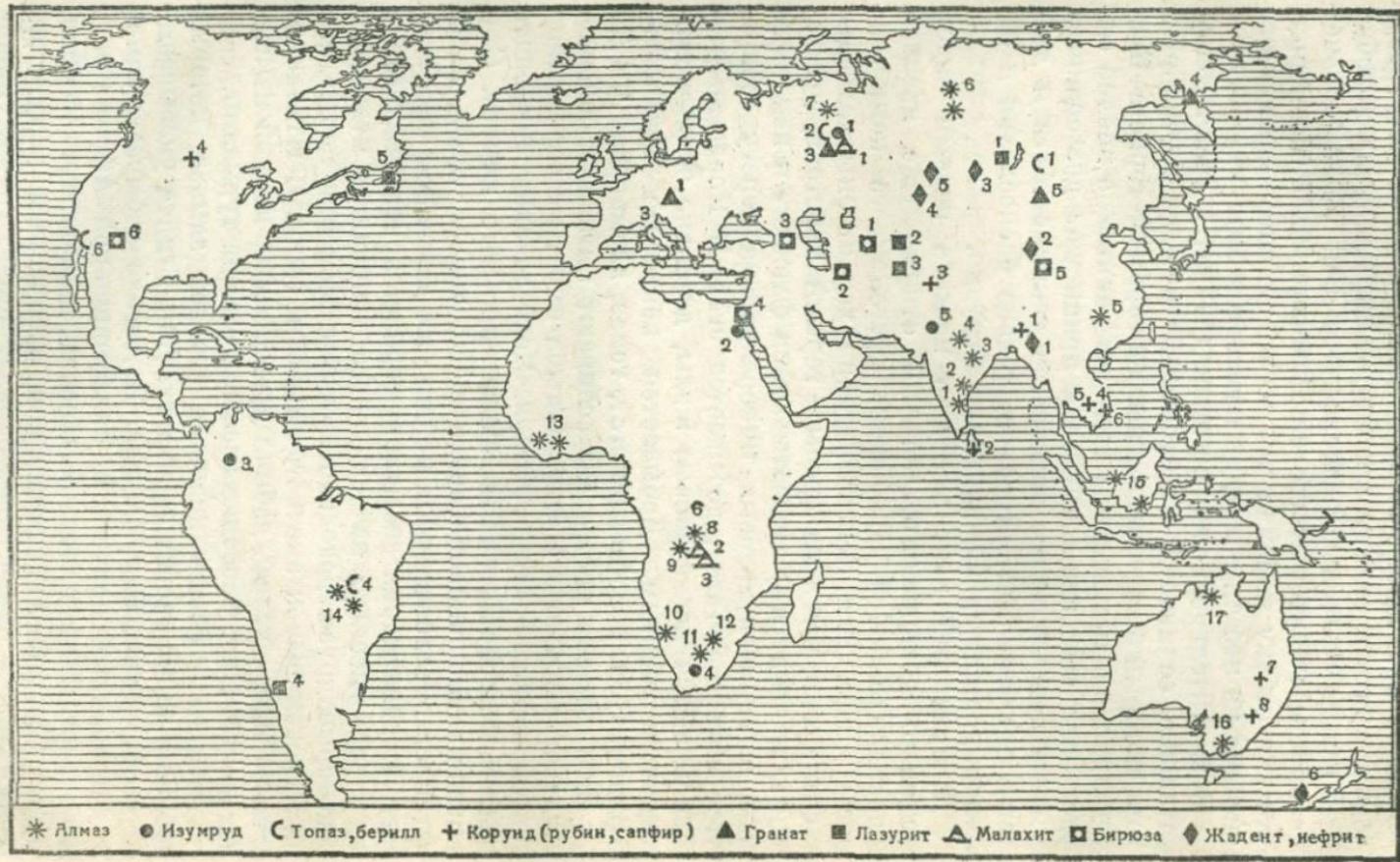
Все эти суеверия удивительно живучи. Интересно пишет о некоторых из них Бируни: «Абу Зейд ал-Араджани рассказывает со слов врача об алмазе, что он убива-

ет через некоторое время, если им напоить... он говорит, что алмаз прободает печень и кишки и на это не требуется долгого времени, но поить им — неправдоподобно [это возможно только] после того как очень сильное растирание уничтожит его острые формы... В моем присутствии собаку напоили им, но это не оказалось никакого действия на нее ни сразу, ни позже» (с. 85).

В значительно более позднем (1779 г.) очень содержательном сочинении о драгоценных камнях У. Ф. Брикмана, который был „медицины доктором и герцога Бранденбургского придворным медиком“ написано вполне определенно: «Многие сочинители приписывают драгоценным камням неисчислимое множество таких свойств и действий, кои без сомнения одного только баснословия и осмейния достойны». Лучше сказать трудно.

Драгоценный камень можно назвать первым видом полезного ископаемого, который открыл еще древний человек (рис. 18). В Европе драгоценного камня не очень много. Для Великобритании характерны халцедон и близкие к нему минералы — горный хрусталь, дымчатый кварц, цитрин; обрабатываются флюорит и некоторое количество пегматитовых минералов; на берегу собираются янтарь и гагат; добывается агат. В Норвегии разрабатываются пегматитовые жилы, довольно бедные драгоценным камнем. Добывается некоторое количество берилла. В ФРГ добывали агат, топаз, альмандин. В ГДР по Балтийскому побережью собирают янтарь, в большом количестве добывался агат. Польша имеет месторождения хризопраза, нефрита и янтаря. Чехословакия знаменита своими месторождениями кроваво-красного пиропа. Стариные месторождения опала у Червеницы также расположаются в Чехословакии, но они уже давно не разрабатываются. Швейцария знаменита горным хрусталем, однако не очень высокого качества — его кристаллы мелки, но некоторые друзья довольно красивы. Испания поставляла на мировой рынок аметист, цитрин и гагат. В Италии на острове Эльба велась добыча драгоценных камней из пегматитовых жил. Особенно известен отсюда турмалин.

Африка в общем является страной алмаза, который добывается во многих ее частях. Для Египта указываются берилл, хризолит, бирюза. В Анголе добывают алмаз и драгоценный корунд. В Экваториальной Африке есть алмаз, турмалин, кианит, ставролит, циркон, хризоберилл, топаз. Заир богат алмазами и прекрасным малахитом. В Зимбабве — алмаз, хризоберилл, топаз, гранат, пироп.



Танганьика является одной из областей, особенно знаменитых своими драгоценными камнями. Здесь добываются алмаз, гранаты — альмандин и пироп, аметист, фенакит, лунный камень. ЮАР богата камнем, знаменита она своими алмазами, бериллом, турмалином, топазом, розовым кварцем и особенно большим количеством регулярно добываемого «кошачьего» и «тигрового глаза» — амфиболового асбеста, пропитанного опалом. Мадагаскар является страной, где буквально любой минерал встречается в «драгоценном варианте». Здесь известны драгоценные полевые шпаты, драгоценные сподумены — розовый куприт и голубой гидденит, разноцветные бериллы, турмалины и гранаты, топаз, шпинель, хризоберилл, кордиерит, циркон, корнерупин, скаполит, данбурит и многие другие, более редкие.

В Азии первое место по количеству добываемого камня занимает Индия, страна, где впервые была наложена добыча алмаза, здесь добывается сапфир, из пегматитовых жил извлекаются берилл, изумруд, турмалин, амазонит, кианит, аметист, циркон, эвклид. Добывается большое количество агата и кварца в разных формах. В Бирме главное место занимают знаменитые россыпи в окрестностях города Могок, где скапливаются минералы из метаморфизованных известняков и пегматитовых жил. Здесь ведется добыча рубина и сапфира, шпинели, находятся наиболее крупные в мире месторождения жадеита. Добывают берилл, хризоберилл, топаз, апатит, розовый турмалин, диопсид, кианит, данбурит.

Россыпные месторождения в окрестностях города Раттанура в республике Шри-Ланка пользуются не меньшей известностью, чем месторождения Бирмы. Здесь встречаются драгоценные корунды — рубин и сапфир, александрит (хризоберилл), берилл, турмалин, топаз, шпинель, циркон, гранат, сфен, рутил, кордиерит, андалузит, апатит, лунный камень, кварц. Таиланд поставляет на мировой рынок драгоценный корунд и циркон. Иран знаменит своей бирюзой. Афганистан издавна известен своими месторождениями ляпис-лазури; известны также месторождения шпинели и рубина. Китай добывает главным образом различные кварцевые материалы, бирюзу, офио-кальцит. Известны китайский жадеит и нефрит, но пока

Рис. 18. Важнейшие месторождения драгоценного и полудрагоценного камня

нет уверенности, что эти поделочные материалы добыты именно в Китае, весьма вероятно, что они добываются вне Китая, а здесь только обрабатываются. В Камбодже известны месторождения драгоценного корунда и циркона. Япония на своей территории добывает главным образом кварцевые материалы.

Австралия является в настоящее время почти монопольным поставщиком благородного опала; в очень больших количествах из россыпей добывается сапфир. Известны здесь месторождения изумруда, циркона, шпинели, топаза и халцедона. Новая Зеландия известна своими месторождениями нефрита, разрабатывавшимися маорийцами еще до прихода европейцев. Для Индонезии (о-в Калимантан) характерны месторождения алмаза.

На Северо-Американском континенте, например для Канады, известны в первую очередь лабрадор, затем турмалин, апатит, бирюза и халцедон. В США известно много минералов — драгоценных камней, но добывают лишь некоторые, в их числе сапфир, бирюза, варисцит, полевой шпат (амазонит, солнечный камень), топаз, драгоценный сподумен. В Мексике добывается огненный опал, гранат, кварц. В Гондурасе имеется добыча опала.

В Южной Америке на первое место выходит, пожалуй, Колумбия с ее знаменитыми месторождениями изумруда. Затем большой известностью пользуется Бразилия, в которой драгоценный камень связан с пегматитами, откуда добываются берилл, хризоберилл, турмалин, топаз. Здесь находили огромные кристаллы аквамарина и топаза, здесь же встречаются эвклаз, фенакит и скаполит. В гидротермальных месторождениях встречаются кристаллы кварца. Бразилия является главным поставщиком на мировом рынке пьезокварцевого сырья. В этой стране располагаются наиболее крупные в мире месторождения агата и халцедона. Есть указания на месторождения нефрита в Бразилии, а в россыпях добывается довольно много алмаза. Аргентина поставляет на мировой рынок берилл, розовый кварц, агат и халцедон.

Основные районы месторождений драгоценного камня нанесены на прилагаемую карту (рис. 18).

Определить количество и стоимость драгоценных камней, добываемых в той или иной стране, крайне трудно. Причин этому несколько. Первая и самая главная, пожалуй, та, что малые размеры и высокая стоимость камней способствуют утаиванию их от официального учета, контрабандному вывозу и реализации лучших образцов.

Второе — это нерегулярность добычи; отдельные месторождения дают большую добычу очень короткое время, а затем добытый камень реализуется из складов и в значительной мере учитывается как перепродажа. Однако имеющиеся данные, несмотря на неточность статистики, позволяют думать, что общие суммы стоимости добывого камня очень велики.

К сожалению, мировую статистику добычи драгоценного камня привести невозможно. Имеются только отдельные цифры.

В 1973 г. в США добыто драгоценного камня на сумму 2,7 млн. дол., а в 1979 — 8,2 млн. дол. (бирюза, опал, жадеит, изумруд, сапфир, турмалин и редчайший камень бенитоит). Наряду с собственной добычей США ввезли в 1973 г. изумруда на 32 млн. дол. и других камней на 84 млн. дол., в том числе импортированного камня ввезено из Таиланда на 11,7 млн. дол.; из Гонконга — 2,5; из Индии 1,4 млн. дол., и вывезли драгоценный камень на сумму 190 млн. долларов.

Сообщается, что Канада в горах Огден вела добычу нефрита и в 1972 г. продала этого минерала на сумму 0,2 млн. дол., из этого количества половина закуплена КНР.

В Австралии в 1973 г. опала добыто на 23 млн., а сапфира на 13 млн. австралийских долларов (австралийский доллар примерно равен доллару США).

Добыча алмаза ведется на значительно большие суммы. Сообщается, что в 1981 г. во всем мире было добыто 10 млн. карат ювелирного алмаза и 29 млн. карат технического. Какова стоимость этого алмаза, сказать трудно, укажем только, что в том же году США ввезли 20 млн. карат технического алмаза на сумму 110 млн. дол.

Суммируя эти цифры, общую стоимость драгоценных камней, добываемых в мире в год, можно оценить примерно в 2–3 млрд. долларов. Это огромная сумма.

Сказанное выше позволяет понять, почему во всех странах к такому «пустяку», как драгоценный камень, относятся очень внимательно. Пустячок, то пустячок, но, как оказывается, весьма весомый.

## ДРАГОЦЕННЫЙ КАМЕНЬ, СОЗДАВАЕМЫЙ НА ЗАВОДЕ

Огромная ценность драгоценных камней, невероятная трудность их поисков в природе и добычи из недр всегда вызывали у человека желание изготовить такой камень искусственно. Издавна делались многочисленные поделки и подделки, имитирующие природный камень, велось изготовление сложных камней-дублетов, где верхняя часть сделана из ценного камня, а низ из дешевого, искусственно подкрашенного камня, вклеивались блестящие металлические пластинки в толщу камня и под камень, а также изготавливали стеклянные имитации — стразы. Однако все эти легко узнаваемые имитации не приносили удовлетворения ни ювелирам, ни любителям камня.

Стремились искусственно получить драгоценный камень и ученые. Успех синтеза драгоценного камня, с одной стороны, дал бы им в руки ценнейший технический материал, а с другой — позволил бы глубже проникнуть в тайны природы, так как только воспроизведение природного процесса в лаборатории поможет его понять и более точно судить об условиях образования того или иного минерала.

Конечно, для минералога одинаково интересен синтез любого минерала, но синтез драгоценных камней был гораздо заманчивей — ведь для драгоценного камня особенно характерно совершенство кристаллов. Чтобы получить драгоценный камень, надо разработать не только методику синтеза самого соединения, которое составляет этот камень, но суметь вырастить из этого вещества совершеннейший кристалл и, больше того, окрасить его в те же цвета, которые имеет природный камень, а это, в свою очередь, значит понять природу цвета камня.

Стремление синтезировать природные минералы восходит к самому началу минералогических исследований. Однако вначале успехи в этом направлении были не очень велики. Новочеркасский профессор-минералог П. Н. Чирвинский проделал огромную работу, собрав все имевшиеся к тому времени материалы по синтезу природных минералов, и показал, что до XIX в. никаких серьезных результатов в синтезе драгоценных камней в эти годы еще не было.

Первый успех пришел в 1902 г., когда французский исследователь А. Вернейль осуществил изобретенный им метод прямой кристаллизации корунда из расплава. Этот

метод стал главным источником технического и ювелирного корунда. Сейчас синтетический корунд стал важнейшим промышленным материалом.

Вторым, очень большим достижением была разработка методов кристаллизации кварца — этого важнейшего радиотехнического и оптического материала.

Третьим огромным достижением синтетической минералогии был синтез алмаза, и хотя до сих пор еще нет драгоценных синтетических алмазных кристаллов, эта разработка, безусловно, чрезвычайно важна для промышленности.

Синтез драгоценных камней — это не только успех научной теории, но в первую очередь достижение техники — создание принципиально новых установок, позволяющих получить те или иные необходимые температуры и давления, иногда очень высокие. Условия синтеза еще более осложняются тем, что среда, в которой растут кристаллы, обычно очень агрессивна и интенсивно действует на стенки реакционной камеры. Это крайне вредно, так как, во-первых, разрушает обычно очень дорогой прибор, а, во-вторых, в среду кристаллизации попадают компоненты вещества камеры и ее загрязняют. Наиболее часто реакционную камеру делают из стали, легированной хромом, никелем, кобальтом и другими металлами. Все эти металлы интенсивно окрашивают многие кристаллы и, входя в среду кристаллизации, искажают цвет растущего кристалла — драгоценного камня.

Несмотря на все трудности, ряд промышленных предприятий занимается изготовлением многих искусственных драгоценных камней: синтезируются изумруды, получаются крупные кристаллы рутила и титаната стронция, используемые как имитация алмаза. Выращиваются также многие виды редкоземельных гранатов, обладающих очень красивым цветом; синтезируется кубическая окись циркона, также используемая как синтетический драгоценный камень очень эффектных расцветок. Обзор имеющихся материалов по синтезу драгоценного камня, как нам кажется, будет довольно интересен для читателя, знакомящегося с драгоценным камнем.

*Синтез корунда.* Началом промышленного синтеза драгоценного корунда, как уже упоминалось, было замечательное изобретение француза А. Вернейля, который предложил очень простой способ кристаллизации тугоплавких веществ в самой горячей части пламени кислородной горелки. Не будучи уверен в промышленном осу-

ществлении своей идеи, А. Вернейль изложил в письме содержание своего изобретения и передал это письмо в 1891 г. в запечатанном конверте Парижской академии наук на хранение на десять лет. Однако уже через три года он убедился в своей правоте, организовал фабрику по производству рубина, а в 1902 г. опубликовал суть своего метода синтеза рубина. Полностью свои установки Вернейль осуществил в 1908—1910 гг. Метод А. Вернейля оказался настолько удобным, что с небольшими усовершенствованиями сохранил свое значение до сих пор (рис. 19).

В очень краткой схеме процесс Вернейля может быть описан следующим образом. Основу установки составляет печь из огнеупорного материала с кварцевым глазком. Сверху в этой печи располагается кислородно-водородная горелка, создающая мощное, очень горячее пламя; а внизу — огнеупорная свеча, могущая двигаться вверх и вниз. Шихта в виде тонкого порошка со строго фиксированной скоростью просыпается через горелку. Пройдя через горячее пламя, она расплывается (температура плавления глинозема около  $2050^{\circ}$ ) и каплями падает на свечу. Когда на поверхности свечи наплавляется достаточное количество глинозема, свеча несколько выводится из самой горячей части пламени и на поверхности свечи кристаллизуется довольно много кристаллов.

В дальнейшем, когда свеча постепенно опускается, а на нее насыпается небольшое количество шихты, здесь образуется относительно тонкий длинный стержень — «шейка», в которой происходит отбор кристаллов. Кристаллики, ориентированные неудачно по направлению к росту, уходят в бока шейки и прекращают рост. В результате через некоторое время в вершине шейки остается только один кристалл, ориентированный по направлению роста. Тогда можно постепенно увеличивать скорость подачи шихты, что, в свою очередь, позволит увеличить объем кристалла до попечника в один-три и даже более сантиметров. Дальше скорость поступления шихты остается постоянной и постоянной сохраняется скорость опускания свечи, которая должна быть точно равна скорости кристаллизации растущего кристалла. При этом создается весьма характерная форма кристалла, получившая название бульки. На самом верху бульки располагается та ее часть, которая была в самом горячем месте пламени и где, собственно, и шла кристаллизация вещества. На поверхности бульки в отраженном свете в боль-

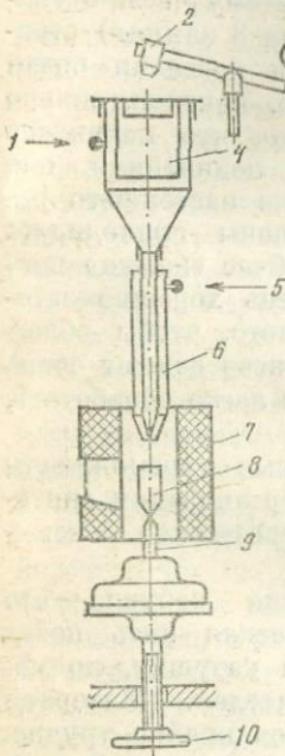
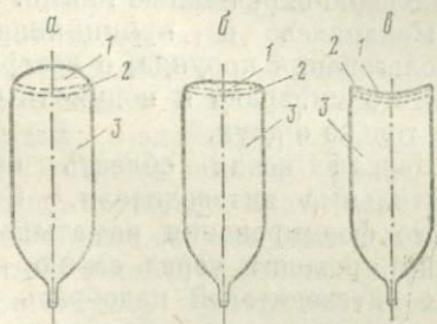


Рис. 19. Схема первой печи Верзеля

4 — коробка для сырья с кислородным дутьем; 6 — область плавления сырьевой смеси; 7 — печь, где идет кристаллизация; 9 — стержень, на котором растет «булья», стержень может подниматься и опускаться (10); 2, 3 — подача сырья; 1, 5 — подача газа

Рис. 20. Особенности кристаллизации були  
 1 — жидкий расплав; 2 — зона кристаллизации; 3 — готовая буля; а — избыток расплава, буля будет плохая; б — нормальная буля; в — дефицит расплава, плохая буля



шинстве случаев хорошо видны кристаллические грани (рис. 20).

Шихта для получения рубина представляет собой тончайший порошок глинозема, получаемый прокаливанием аммониевых квасцов. Из чистого глинозема вырастает бесцветный корунд. Для окраски в красный цвет рубина в корунд должна быть добавлена окись хрома. Она добавляется отдельно или входит в состав квасцов (смешанные кристаллы алюминиевых и хромовых квасцов). Для получения сапфира в шихту добавляются закись железа и окись титана. Разработаны и многие другие способы окраски корунда. Особенной популярностью пользуется так называемая александритовая окраска, придающая камню меняющийся цвет.

Синтез рубина был огромным техническим достижением. Получен был не только искусственный драгоценный камень, но и ценнейший технический продукт. Издавна рубин и сапфир использовались как антиабразив, и в хорошие часы обязательно как подпятники вставляли именно рубин или сапфир, причем необходимы были

самые лучшие драгоценные камни. Поэтому часы с «каменными» подпятниками (часы на 5 или 8 камнях) стоили баснословно дорого. Синтез рубина позволил почти все виды часов снабдить камнями, что, конечно, сильно увеличило точность часов. Мало того, что появилась возможность использовать рубиновые подпятники, они стали много лучше, чем подпятники из настоящего рубина, так как вследствие высокой цены приходилось пускать в дело и дефектные камни. Сейчас «камни» проверяются крайне тщательно, и не очень хорошие заготовки безжалостно бракуют. Кроме того, чтобы облегчить обработку «камня», рубины для часов делают очень густо окрашенными, а их гораздо более легко обработать, чем бледно окрашенные камни.

Появились и принципиально новые возможности использования корунда, о которых до организации синтеза этого минерала и подумать было невозможно. Упомянем только о двух.

Первая новая область применения корунда — это текстильные нитеводители. Синтетическая нить после своего формирования наматывается на катушку, но попутно проходит через серию нитеводителей. Материал этих нитеводителей подобрать оказалось крайне трудно. Первоначально их делали из фарфора, и служили они не более одного дня. За это время на них образовывалось такое количество заусениц и прорезей, что использовать дальше фарфоровый нитеводитель было невозможно. Агатовые нитеводители служили дольше, но тоже мало, не больше недели, и тогда решено было попытаться изготовить нитеводители из корунда. Разработаны были методы выращивания кристаллов рубина в форме длинных тонких стержней. В принципе это довольно просто, необходимо только быстрее опускать «свечу» в аппарате Вернейля, и тогда вместо толстой бульки будет кристаллизоваться длинный стержень. В действительности все это крайне трудно; нужна величайшая точность и скорости опускания свечи, и подачи шихты, и температурного режима.

Огромная работа увенчалась блестящим успехом. Корундовые нитеводители служат многие месяцы, что, конечно, весьма способствует увеличению производительности фабрик, выпускающих искусственное волокно.

Появление лазеров потребовало целый ряд новых материалов. Весьма популярными, в частности, оказались рубиновые лазеры. Необходимо было создать кристаллы

рубина в виде крупных толстых стержней. Для этого потребовалось значительное изменение установки Вернейля.

Синтетически в США и ФРГ стали получать очень красивые «звездчатые» рубины и сапфиры. Как отмечается, такие искусственные камни даже красивее естественных. Синтез звездчатого корунда ведется методом Вернейля, только в шихту, кроме глинозема и окрашивающих примесей, в избытке добавляется окись титана. Из образующегося богатого титаном корунда при охлаждении выпадают тонкие иглы рутила — окиси титана, которые ориентируются параллельно кристаллографическим направлениям корунда. Если такой кристалл ограничить кабошоном так, чтобы вертикальная ось (удлинение були) выходила вверх камня, то иглы будут отражать свет, создавая очень красивую шестилучевую звезду.

По методу Вернейля можно вырастить не только корунд, но и ряд других веществ. Очень хорошо синтезируется шпинель: в качестве шихты берут в нужном соотношении смесь окиси магния и окиси алюминия. Кристаллы шпинели растут так же, как кристаллы корунда, но окрашиваются они легче и эффектней. Поэтому при изготовлении искусственных драгоценных камней широко пользуются шпинелью. В частности, имитации александрита на основе шпинели, окрашенной хромом и ванадием, получаются лучше и дают более яркие окраски, чем имитация на основе корунда.

Мне приходилось читать, что подобным методом синтезируют рутил (окись титана). Однако процесс сложнее: при росте були рутила в кислородно-водородном пламени часть титана под действием водорода переходит в низшие окислы и буля становится совершенно темной. Однако при прокаливании такой темной були в кислороде титан вновь окисляется, и буля становится прозрачной. Искусственный рутиловый кристалл из-за своего высокого светопреломления и сильной дисперсии используется как имитация алмаза. Имитируют алмаз и искусственными кристаллами титаната стронция; в природе такое соединение не встречается. Кристаллы этого вещества обладают очень высоким светопреломлением, сильной дисперсией и изотропностью, поэтому отличить «бриллиант» из титаната стронция от алмаза очень трудно (рис. 21).

Существует большое число лабораторий, синтезирующих на основе корунда и шпинели искусственные драго-

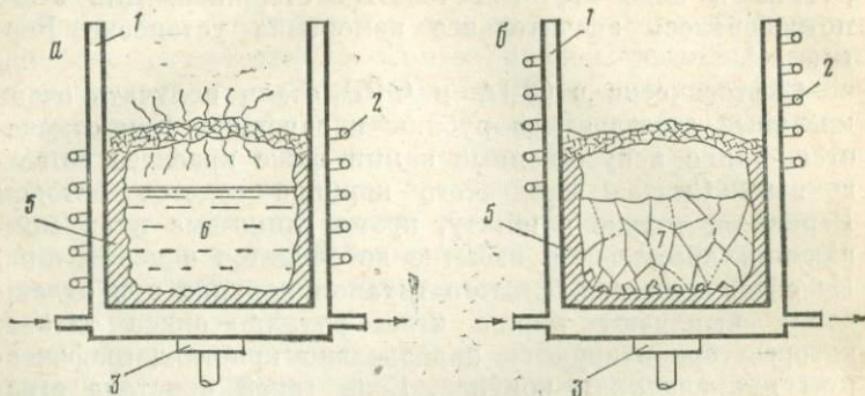


Рис. 21. Выращивание фианита (кубической окиси циркония)

*a* — начало процесса; *б* — конец процесса, когда весь фианит при постепенном подъеме печи уже закристаллизовался; 1 — охлаждающий контейнер; 2 — нагреватель; 3 — механизм опускания; 5 — закалка, корка кристаллов; 6 — расплав; 7 — кристаллы; наверху — пористая корка

ценные камни. Здесь имеются два направления. С одной стороны, изготавливаются любые красиво окрашенные разности, а с другой — изготовители стремятся получить по возможности точное совпадение по цвету и оттенку с природными камнями. Мне пришлось видеть коллекцию чешских имитаций. Отличить их от различных природных камней без специальных опытов крайне трудно.

Часто задают вопрос, а можно ли отличить природный рубин от искусственного? Надо сказать, что это очень трудная задача, и чем лучше природный рубин, тем труднее отличить его от искусственного. Свойства и природного, и искусственного рубинов совершенно одинаковы, и в некоторых случаях только мелкие включения сопутствующих минералов и форма пузырьков помогают решить этот трудный вопрос.

*Кристаллизация ювелирных бериллиевых минералов из растворов.* Уже довольно давно пытаются получить кристаллы изумруда. Это стремление вполне понятно. После алмаза и рубина изумруд самый дорогой драгоценный камень, а стремление получить в свои руки большие ценности всегда было одним из двигателей технической мысли.

Первые попытки синтеза изумруда относятся еще к середине прошлого столетия. Немецкий исследователь Эбелман в 1848 г. опубликовал работу, где описывает

попытку получения кристаллов изумруда из порошка. Для этого он сплавлял изумрудный порошок в борной кислоте. Были получены отчетливые кристаллы, но очень мелкие. Позднее французы Отефоль и Перри получили мелкие кристаллы берилла в платиновом тигле из расплава литиевого молибдата, в котором были растворены исходные компоненты. При добавке хрома получились зеленые кристаллы. Реакция шла при 800° на протяжении от 1 до 15 суток.

Более успешны были опыты, проведенные в начале этого века. Немецкие химики фирмы «И. Г. Фарбенинг-дустри» уже в 1934 г. предложили синтетический изумруд под названием «игмеральд», но промышленного производства этого материала не было. Позднее один из авторов этой работы, Г. Эспиг, опубликовал метод, посредством которого получали эти кристаллы. В тигле особой конструкции находился расплав молибдата лития, в котором растворяется внизу смесь окислов берилля и алюминия, а на расплаве плавают пластинки кварца, также растворяющиеся в расплаве. На перфорированной диафрагме, разделяющей расплав, кристаллизуются кристаллы берилла (изумруда). Однако рост кристаллов очень медленный (кристалл в 3 см за год). Здесь же были получены и другие берилловые минералы (фенакит, хризоберилл).

Лаборатория Чатама в Сан-Франциско в 1935 г. получила синтетические бериллы. Самый большой полученный кристалл весил более 1000 карат, но хорошие ювелирные кристаллы весили не более 6 карат.

Конечно, сейчас имеется много новых исследований, но об этом очень мало сведений в литературе.

Кристаллы рубина, получаемые по методу Вернейля, как правило, имеют некоторые неправильности роста, обусловленные самим методом их изготовления и неравномерностью охлаждения. Поэтому многие исследователи пытаются получить из раствора более совершенные кристаллы рубина. Однако в литературе до сих пор нет указаний на промышленное получение корундовых кристаллов.

Особенно много работ по синтезу кристаллов ведут лаборатории американской телефонной компании «Белл». Они опубликовали большое количество работ по синтезу кварца, они же работают и над получением рубина из раствора. В качестве среды кристаллизации используют концентрированные растворы соды. Рост кристаллов шел

в автоклаве при давлении около 2000 кг/см<sup>2</sup> и температуре около 450–500°. Были получены пластинчатые кристаллы рубина до 1 см высоты и около 2 см в поперечнике пластиинки. Чтобы окрасить кристаллы в красный цвет, в раствор вносятся хромовые соединения.

*Синтез алмаза.* Неоднократно делались попытки синтезировать алмаз. В прошлом столетии знаменитый французский ученый А. Муассан насыщенное углеродом железо в дуговой печи разогревал до 3000° и быстро охлаждал его, опуская в воду. В результате этого внутри железной капли, по его мнению, должно было развиться очень высокое давление. Чтобы убедиться в присутствии алмаза в продуктах такой операции, он растворил железо в кислотах. В остатке сохранилось несколько мельчайших кристалликов, которые оставляли черту на рубине. Предполагалось, что это алмаз, но уверенности не было, и справедливо. Позднейшие опыты, проведенные по тому же «рецепту», показали, что при этом получается новое соединение — карбид кремния, совершенно не известное в то время, когда вел свой синтез Муассан. Это соединение позднее было названо муассанитом. Впоследствии этот минерал был найден во многих горных породах, особенно в тех, которые поднимаются с больших глубин. Было и еще одно следствие из этого опыта Муассана. Кристаллы карбида кремния действительно оказались тверже рубина, и хотя карбид кремния был мягче алмаза, но и это было прекрасно, так как из него, или, как его называют в технике, карборунда, сейчас изготавливают абразивные круги и шлифовальные порошки. Пытались получить алмаз и другие экспериментаторы, но все было неудачно.

Впрочем, не все. В 1943 г. английский физик К. Лонсдейл обнаружила в Британском музее мелкие кристаллики с надписью «искусственный алмаз», переданные в музей еще 63 года тому назад Дж. Хеннеем. Рентгеновское исследование показало, что это несомненный алмаз, определить который ранее не удавалось. Начались поиски материала о Хеннеем и выяснилось, что это был упорный шотландец, которому пришло в голову синтезировать алмаз в металлических трубках. Для него были изготовлены толстостенные трубки из мягкого ковкого железа, которые он заполнил костяным маслом с примесью металлического лития. Ему удалось найти кузнеца, который сумел заклепать эти трубки. Всего было приготовлено 80 таких трубок.

Хенней сконструировал специальную печь для нагре-

ва трубок, но в процессе нагрева трубка неизменно взрывалась и разрывала печь. Он восстанавливал печь и повторял нагрев с тем же результатом. Так взорвалось 77 трубок. Автор опытов страшно переживал неудачу и, как рассказывают, после каждого взрыва болел несколько дней. Три трубки, однако, сохранились. Когда их открыли, то нашли там черную массу с мелкими кристалликами, часть которых была отправлена в Британский музей. Их-то и определила много лет спустя К. Лонсдейл. Сам же Хенней скончался, так и не узнав о своем огромном успехе.

Причинами неудач синтеза были, с одной стороны, несовершенство техники, а с другой, что, пожалуй, главное,— незнание причин, почему в некоторых случаях углерод кристаллизуется в форме графита — самого мягкого минерала, а в других — дает твердейший алмаз. Выяснением последней причины занялся советский физик А. Н. Лейпунский, который с помощью термодинамики показал, что алмаз устойчив при температуре выше  $1700-1800^{\circ}$  и давлении 60 тыс. атм, однако указывал и на возможность использования железа в качестве катализатора, что, может быть, позволит снизить величину температуры и давления. Лабораторная техника того времени не позволяла получать таких высоких давлений, поэтому проверить выводы Лейпунского было невозможно.

В военное и послевоенное время работы по изучению синтеза алмаза продолжались главным образом в США. Особенное значение имели работы П. Бриджмена, который изобрел пресс, могущий создать в камере давление более 100 тыс. атм. Синтезом алмаза заинтересовались промышленные компании США и Швеции, и 15 февраля 1953 г. швед Э. Лундстрем на аппаратуре, близкой к аппаратуре Бриджмена, уверенно получил первый алмаз. Повторные опыты подтвердили правильность методики. Однако по совершенно не ясной причине, то ли из соображений секретности, то ли потому, что не придали значения своим результатам, шведы не опубликовали результатов своих опытов и не запатентовали разработанный процесс.

16 декабря 1954 г. американцу Х. Т. Холлу также удалось синтезировать алмаз. Процесс был запатентован, и результаты опытов опубликованы; затем и шведы сообщили о своих работах. После этого к исследованиям по синтезу алмаза с новой энергией приступили во всех странах.

Советский синтетический алмаз был получен академиком Л. Ф. Верещагиным в Институте физики высоких давлений. Об этом его достижении сообщил в 1960 г. президент Академии наук М. В. Келдыш. К этому времени все уже было готово для получения алмаза в СССР в промышленных количествах.

Очень скоро в Киеве на заводе сверхтвердых сплавов было наложено промышленное производство искусственных алмазов. Небольшие печи-пресссы создают одновременно высокое давление и высокую температуру в камере, где содержится графит и катализатор, облегчающий переход графита в алмаз. Через некоторое, очень небольшое время, порядка 5–10 мин, извлекают продукт реакции, из которого можно относительно просто выбрать кристаллики новообразованного алмаза. Размер кристалликов, к сожалению, до сих пор остается довольно небольшим; говорят, что можно получить кристаллы размером в миллиметр, но те, которые мне приходилось видеть и у нас в стране, и за рубежом, не превышали десятых и сотых долей миллиметра. И пока, а уже прошло после первого синтеза почти два десятка лет, ни у нас, ни за рубежом не удается с экономическим успехом получить крупные кристаллы алмаза; причина этого, видимо, в том, что удержать длительное время постоянство тех условий исключительно высокого давления и очень высокой температуры, при которых идет кристаллизация алмаза, практически невозможна.

Однако уже и то, что получено, можно считать огромным достижением техники. Синтетический алмаз в общем довольно дешев, и он в весьма больших количествах уже идет на технические цели. Из синтетического алмаза готовят разные алмазные полировальные пасты, им же направляют сейчас высокопроизводительные бархатные напильники. Довольно успешно на основе синтетического алмаза готовятся различные точные абразивные инструменты, камни для заточки твердосплавных резцов и пил для распиловки камня. Очень большая работа ведется по изготовлению из искусственного алмаза высокопроизводительных буровых коронок для бурения нефтяных и разведочных скважин.

Искусственный алмаз уже трудится в полной мере, но дешевых алмазных драгоценностей пока искусственно получить не удается. И для украшений пока еще используют алмаз, добытый из кимберлитов, пришедших к нам с огромных глубин.

Только огромные давления, господствующие на больших глубинах, могут пока родить крупный кристалл алмаза — сверкающий самоцвет.

*Перспективы синтеза.* Вряд ли кто-нибудь сомневается, что возможности техники очень велики и что с течением времени, а точнее, через небольшой срок, техника сумеет обеспечить создание приборов и оборудования, с помощью которых можно будет выращивать кристаллы любых минералов, встречающихся в пределах земной коры; более того, можно не сомневаться, что будут созданы совершенно новые материалы, которые будут привлекательнее любого известного сейчас драгоценного камня и найдут применение в ювелирных изделиях. Уже сейчас имеются синтетические камни, которые очень широко используются в украшениях (например, фианит). Пользуется большой популярностью синтетический александрит, вернее, синтетические корунд и шпинель с «александритовой» окраской. Природные камни с такой окраской очень редки и почти никогда не дают крупных кристаллов. Однако такая окраска настолько красива и оригинальна, что многие женщины стремятся получить то или иное украшение с искусственным александритом.

Использование искусственных камней в ювелирной промышленности, как показал опыт последних десятилетий, не исключило использование природного камня. Несмотря на дешевизну искусственного рубина, цена природного рубина в общем сохранилась; усиленно разрабатываются месторождения природного рубина и природного сапфира, и требования на природный камень не снизились. Выявилась очень интересная картина — синтетический камень почти не конкурирует с природным камнем.

Синтетические кристаллы, как оказалось, являются и важнейшим техническим материалом. Из огромного количества получаемого искусственного рубина только очень небольшая часть идет в ювелирную промышленность. Значительно большие количества, и притом наилучшие кристаллы, идут как технический материал — это и часовые камни, и лазерные стержни, и абразивный инструмент.

Синтетические алмазы и кварц также, главным образом, являются техническими материалами, обладающими зачастую совершенно уникальными свойствами. Если в прошлом столетии и начале нынешнего исследователи в первую очередь пытались синтезировать различные

драгоценные камни, то сейчас главной задачей промышленности синтетических кристаллов является задача синтеза различных технических продуктов. Таковы в первую очередь полупроводниковые материалы. Огромное значение имеет синтез пьезокристаллов самого разного типа, оптических и лазерных материалов. Новейшие сводки по методам кристаллизации и получению крупных кристаллов показывают, что в этом направлении идет огромная работа, и, как оказалось, для многих отраслей промышленности требуются крупные кристаллы очень многих веществ. Уже существует крупная промышленность синтеза кристаллов, и она, безусловно, будет расти еще более интенсивно.

## НЕСКОЛЬКО СЛОВ В КОНЦЕ КНИГИ

Книга моих рассказов закончена, и прочитывая ее вновь, я не могу не признать, что рассказал далеко не все, что хотел. Камней, которые используются в ювелирной промышленности, очень много — более сотни. Много интересного можно рассказать о янтаре. Замечательным драгоценным камнем является турмалин. Турмалин, богатый железом, — один из самых распространенных минералов, содержащих бор, но железистый турмалин, или, как его обычно называют, шерл, — совершенно непрозрачный черный минерал. Только очень редкие, безжелезистые разности, встречающиеся в пегматитах, прозрачны и красиво окрашены в розовый (рубелит) или желтый, светло-бурый и зеленый цвета (эльбант). Существует и много других драгоценных минералов. Так, из пегматитовых жил Памира и соседних районов Афганистана геологи привезли большие прозрачные кристаллы травяно-зеленого гиддениита и розовато-красного кунцита. В сущности, это один и тот же минерал — скаполит, только различно окрашенный.

Очень важным драгоценным камнем является прозрачная шпинель. Особенно высоко оценивается ювелирами красная и розовая шпинель. В древности ее не отличали от рубина, и стоимости их были близки. В нашей стране розовая шпинель встречается в древних высокометаморфизованных мраморах Слюдянки на Байкале, а также на Памире. Светлые, окрашенные в розовый цвет кристаллы шпинели мне удавалось собирать в цементном карьере «Перевал» к югу от Иркутска, в районе Слюдянки; к сожалению, все собранные здесь кристаллы оказывались трещиноватыми.

Находки прозрачного камня, годного для огранки, возможны буквально везде. Очень интересна для любителей камня такая широко распространенная порода, как кианитовый сланец. Голубые кристаллы кианита (его еще называют дистеном) часто совершенно прозрачны и тогда очень красивы в огранке.

Геолог А. М. Корчагин, изучавший карбонатитовую интрузию Инагли на Алдане, обратил внимание, что не-

которые жилы сложены крупнокристаллическим ярко-зеленым довольно прозрачным диопсидом. Химический анализ показал, что в составе этого диопсида довольно много хрома. Эта новая разновидность диопсида — хромдиопсид — оказалась прекрасным ювелирным камнем. Несмотря на большие трудности, на этом месторождении была организована его добыча. Сейчас инаглинский хромдиопсид — один из известных самоцветов нашей страны.

Инициативный исследователь и любой любитель камня всегда могут рассчитывать на выявление нового ювелирного сырья. Важны только большое желание и хороший вкус. Приходилось видеть очень изящные броши, подвески к ожерельям и вставки в кольца, сделанные из черных кристаллов — двойников ставролита — крестового камня. В некоторых кристаллических сланцах этот минерал образует идеально ровные блестящие призматические кристаллы, сросшиеся под прямым или косым углом. Никакой обработки эти кристаллы не требуют, нужно только очистить их от вмещающей породы и оправить в металл.

Вряд ли возможно предусмотреть все случаи встречи хорошего художника с красивым камнем. Пути и возможности здесь безграничны, и следует ждать новых больших открытий.

## СОДЕРЖАНИЕ

От автора . . . . .	3
Алмаз . . . . .	5
Хризолит . . . . .	22
Берилл . . . . .	31
Изумруд . . . . .	35
Хризоберилл и фенакит . . . . .	49
Топаз . . . . .	54
Корунд (рубин и сапфир) . . . . .	60
Гранат . . . . .	69
Ляпис-лазурь, или лазурит . . . . .	84
Нефрит и жадеит . . . . .	109
Малахит . . . . .	127
Бирюза . . . . .	141
Экономическое значение драгоценного камня	153
Драгоценный камень, создаваемый на заводе	160
Несколько слов в конце книги . . . . .	173

**Валерий Петрович Петров**  
**РАССКАЗЫ О ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЯХ**

Утверждено к печати Редколлегией  
серии «Научно-популярная литература» АН СССР

Редактор издательства Л. М. Бекасова  
Художественный редактор Н. А. Фильчагина  
Технические редакторы Т. А. Калинина,  
**И. Н. Жмуркина**  
Корректоры В. А. Алешкина, Л. И. Кириллова

ИБ № 29299

Сдано в набор 22.04.85  
Подписано к печати 23.07.85  
Т-00998. Формат 84×108<sup>1/32</sup>  
Бумага типографская № 2  
Гарнитура обыкновенная  
Печать высокая  
Усл. печ. л. 9,86. Усл. кр. отт. 9,98  
Уч.-изд. л. 10,4  
Тираж 200000 (1 завод 1-100000) экз.  
Тип. зак. 1355. Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени  
издательство «Наука»,  
117864 ГСП-7, Москва, В-485,  
Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»  
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

65 коп.



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«НАУКА»  
ГОТОВИТСЯ  
К ПЕЧАТИ  
КНИГА:

4415

## Литохимические методы поисков глубокозалегающих рудных месторождений.

В сборнике рассматриваются вопросы методики и техники литохимического опробования, обработка и обогащения литохимических проб. Особое внимание уделяется интерпретации результатов литохимических поисков по гипергенным ореолам рассеяния под углом зрения их адекватности первичным геохимическим ореолам, несущим максимальную информацию о скрытом и слепом оруденении. Намечаются пути и перспективы развития методики и технического оснаще-

ния литохимических поисков таких месторождений.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга—почтой» «Академкиниг»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 Днепропетровск, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7; 220012 Минск, Ленинский проспект, 72; 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6; 450059 Уфа, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87.