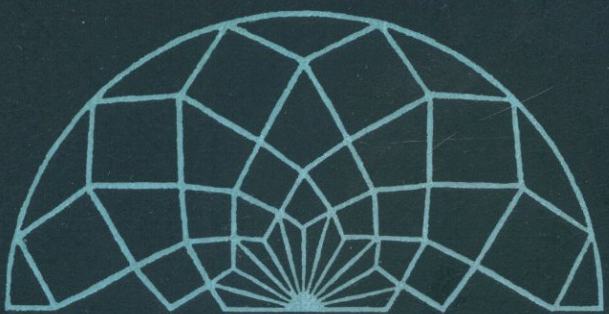
Г. Смит



Драгоценные камни



Издательство «Мир»

Gemstones

BY
G. F. HERBERT SMITH
C.B.E., D.Sc., M.A.
Late President of the
Gemmological Association
of Great Britain

Revised by
F. C. PHILLIPS, M.A.
Emeritus Professor of
Mineralogy and Petrology,
University of Bristol

London
Chapman and Hall
1972

Г. Смит

Драгоценные камни

Перевод с английского
А. С. АРСАНОВА
и канд. геол.-мин. наук
Б. А. БОРИСОВА

под редакцией
д-ра геол.-мин. наук
В. П. ПЕТРОВА

3261



Издательство «Мир»
Москва
1980

УДК 553.8

Классическая монография Г. Смита (Англия), выдержавшая за рубежом 14 изданий, охватывает все вопросы, связанные с геологией, минералогией и кристаллографией драгоценных и поделочных камней, методами их добычи и обработки. Специальный раздел посвящен истории наиболее крупных и известных драгоценных камней. Приведены определительные таблицы.

Хорошо иллюстрированная, написанная четким и понятным языком, книга представляет большой интерес не только для геологов различных специальностей, но также и для широкого круга любителей камня, не имеющих специальной геологической подготовки.

Редакция литературы по геологии

1904050000

С $\frac{20805\text{-}144}{041\,(01)\text{-}80}$ 144-80

© Перевод на русский язык, «Мир», 1980

Предисловие редактора перевода

В отечественной литературе имеется много работ, посвященных драгоценным и полудрагоценным камням, и тем не менее решение издательства «Мир» перевести на русский язык и опубликовать книгу Дж. Ф. Г. Смита вполне объяснимо. Предлагаемая читателю книга, первое издание которой увидело свет еще в 1912 г., к настоящему времени выдержала за рубежом четырнадцать изданий только на английском языке и, без сомнения, является одной из наиболее популярных книг, посвященных этим важнейшим полезным ископаемым.

Со времени выхода первого издания этот труд все время дополнялся и совершенствовался. До двенадцатого издания (1952 г.) дополнения вносил сам автор, а последние издания были пересмотрены профессором минералогии Бристольского университета Ф. С. Филлипсом. Вполне естественно, что участие в работе над книгой известного ученого-минералога способствовало ее значительному улучшению, хотя и в нынешнем виде книга не утратила первоначальной отличительной особенности труда, автором которого является не геолог, а ювелир. В этом необычном для советского читателя подходе к описанию драгоценных камней в значительной степени заключается оригинальность и новизна предлагаемой книги.

Народы, населявшие территорию Советского Союза, издревле проявляли большой интерес к драгоценному камню, о чем свидетельствуют многочисленные находки изделий, украшенных драгоценными камнями, на территории европейской части Союза, на Алтае и в Средней Азии.

Начало работ по созданию научной минералогии драгоценных камней было положено изданием замечательной книги одного из величайших ученых средневековья — Бируни, полное имя которого Абу-р-Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни, написанной более 900 лет назад и посвященной в основном характеристике среднеазиатских горных богатств. (Книга переведена на русский язык издательством АН СССР в 1963 г.)

Перечень сочинений, специально посвященных описанию драгоценных камней, продолжает книга Ф. Бринкмана, перевод которой был сделан в конце XVIII столетия шихтмейстером Василием Беспаловым. Хотя автор книги был доктором медицины, он исключительно рационально подошел к описанию драгоцен-

ных камней и весьма скептически относился к очень распространенным в те времена убеждениям о их целебных свойствах. В самом начале книги автор отмечает, что о камнях говорят много совершенно невероятного, чего не следует принимать во внимание. Очень интересные и грамотные примечания сделаны переводчиком книги.

Дальнейшие успехи в изучении драгоценных камней в России связаны с именем знаменитого минералога академика Василия Севергина. Его работы по минералогии и «технологии минерального царства», монографические описания агата и других самоцветов, сделанные на рубеже XVIII и XIX веков, до сих пор не потеряли своего значения. Особый интерес представляет сделанный Севергиным перевод книги Плиния, посвященной драгоценным камням и другим минералам, которая широко цитируется Смитом.

Страсть к роскоши и строительству пышных дворцов, особенно сильно проявившаяся в придворном обществе со второй половины XVIII века, побуждала к поискам в России новых месторождений драгоценных и поделочных камней. В этой связи обращает на себя внимание вышедшая в 1862 г. книга А. Ушакова, в которой по существу впервые описаны не только камни России, но и их месторождения. Большой интерес представляют приведенные в этой книге сведения об объеме ввоза и вывоза драгоценных камней через границы России.

Из более поздних работ заслуживает упоминания работа М. И. Пыляева, который, будучи журналистом, а не геологом или минералогом, тем не менее хорошо знал камень и привел в своей книге много рассказов о камне, его истории, а также описание суеверий, связанных с различными камнями.

Целую эпоху в минералогическом изучении драгоценных камней создали работы академика Александра Евгеньевича Ферсмана. До сих пор сохранили свое значение его описания кристаллов алмаза, совершенно блестящими являются работы, посвященные Изумрудным копям и пегматитовым жилам Урала. В описании Изумрудных копей впервые в истории петрографической литературы были отмечены реакционные взаимоотношения между ультрабазитами и гранитными жилами и установлена природа главных реакционных зон и основные черты геохимического процесса, ведущего к образованию изумруда, александрита и фенакита. Представления Ферсмана о генезисе изумрудоносных слюдитов и сейчас широко обсуждаются, многими критикуются, однако установленные им фактические закономерности остаются неизменными и привели к открытию месторождений изумруда в Южной Африке, Бразилии, Австралии.

Изучение уральских месторождений драгоценных камней, связанных с пегматитами, позволило А. Е. Ферсману глубоко

исследовать проблему пегматитов в целом и создать теорию генезиса пегматитов как продукта кристаллизации остаточных расплавов, обогащенных летучими веществами, в первую очередь водой. Теория формирования пегматитовых жил как продукта кристаллизации остаточного расплава-раствора вызывала много возражений, однако в последнее время в результате новейших экспериментальных работ по изучению смесимости водных растворов и расплавов в общем была доказана справедливость теории А. Е. Ферсмана, и сейчас ее можно считать общепринятой.

Развивая идеи А. Е. Ферсмана, советские ученые, в частности А. И. Гинзбург и Г. Г. Родионов, показали, что глубина кристаллизации пегматитовой жилы резко сказывается на ее характере и содержании полезных ископаемых. Так, на больших глубинах в связи с гранитами формируются пегматитовые жилы, лишенные пустот, или, как их очень удачно назвал А. Е. Ферсман, занорышей. С гранитами, застывшими на умеренных глубинах, связаны пегматитовые жилы, содержащие занорыши, в которых нередко можно обнаружить прекрасно образованные кристаллы многих минералов, в частности берилла, топаза, цветного турмалина, кунцита, скаполита, иногда имеющих ювелирную ценность, а также кристаллы кварца, которые могут быть использованы не только как ювелирный, но и как пьезооптический материал, требования к которому много выше.

Малоглубинные, гипабиссальные, граниты, из которых летучие компоненты легко удаляются при охлаждении пород, пегматитовыми жилами не сопровождаются.

Вышеописанная зависимость характерных особенностей гранитных пегматитов от глубины их образования очень хорошо объясняет региональное распространение месторождений драгоценных камней, связанных с пегматитами. На Мадагаскаре, Урале, в Бразилии и некоторых районах Африки широко распространены граниты, застывшие на наиболее благоприятной глубине, и занорыши в пегматитах, связанных с этими гранитами, наиболее богаты хорошими кристаллами.

Новый этап в изучении, поиске и использовании драгоценных и поделочных камней наступил в нашей стране после Великой Отечественной войны. Усилиями больших коллективов геологов-исследователей открыто много новых месторождений этих полезных ископаемых. Основные результаты проведенных исследований рассматриваются в многочисленных статьях, опубликованных в геологических журналах, и обобщены в двухтомном труде Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевича и А. П. Гаврилова (1974, 1976).

Цель вышеприведенного очень краткого и фрагментарного обзора истории изучения драгоценных камней в нашей стране состоит в том, чтобы показать, что культура камня имеет у нас давнюю историю, традиции и несомненные достижения, оказав-

шие существенное влияние на развитие науки о драгоценных камнях — геммологии. Об этом, к сожалению, в книге Смита почти ничего не сказано.

Порядок изложения материала в книге соответствует убыванию степени ценности и популярности описываемых минералов у ювелиров. Геологу же, как правило, удобнее основываться на генетической классификации, всегда позволяющей делать некоторые прогнозы. Такая классификация в начале двадцатых годов нынешнего столетия была дана С. Боллом (работа переведена на русский язык в 1923 г.), но в настоящее время она уже несколько устарела и требует ряда дополнений.

Наиболее совершенная кристаллизация минералов в магме идет на начальных этапах ее остывания, когда формируются порфировые вкрапленники. Ярким примером вкрапленников драгоценных камней являются выделения алмазов в кимберлитах, корунда и сапфира в базальтах. Именно вкрапленниками представлен сапфир в десилицифицированных дайках типа описанной в книге сапфироносной дайки в Монтане. Вторым типом кристаллизации драгоценных камней, связанной с магматическим процессом, является уже описанное выше их образование в пегматитовых жилах из остаточного расплава-раствора. Минералообразование может происходить и из так называемых гидротермальных растворов, которые отделяются от застывшего магматического расплава. Такой генезис установлен для знаменитых изумрудов Колумбии; с такими же растворами связаны выделения халцедона, агата, а также опала в так называемых «венгерских» месторождениях района Кошице в Словакии. В жилах, образованных гидротермальными растворами, кристаллизуется кварц.

Большое значение в образовании месторождений драгоценных камней имеют поверхностные, экзогенные процессы, и в частности формирование кор выветривания. Эти процессы ведут к образованию главной массы россыпных месторождений алмазов и других драгоценных камней. С корами выветривания связаны некоторые месторождения благородного опала, малахита, хризопраза и других минералов.

С осадочными процессами связано относительно небольшое количество месторождений драгоценных камней. Это, в первую очередь, месторождения гагата и янтаря, а также многие россыпи.

Значительно больше месторождений как драгоценных, так и поделочных камней образовалось в результате контактового и регионального метаморфизма. К драгоценным минералам контактовых зон относятся нефрит, жадеит, изумруд и гранат, а к регионально метаморфическим образованиям — различные яшмы, замечательный уральский орлец, многие офикальциты и некоторые гранаты. Продуктом изменения древних соленосных толщ,

видимо, являются месторождения лазурита как на Памире, так и в Прибайкалье.

Вполне естественно, что к книге, написанной, в основном, в начале нашего века, можно было бы сделать еще много замечаний и дополнений, но главное заключается в том, что монография Смита не утратила своей ценности и в настоящее время, и многочисленная армия любителей камня, увеличивающаяся в нашей стране с каждым годом, получит в свои руки интереснейшую книгу о драгоценных и поделочных камнях — этих изумительных творениях природы.

Главы 1—18 переведены Б. А. Борисовым, главы 19—36, 39, а также вся часть IV — А. С. Арсановым, главы 37, 40, 41 — В. Л. Некрасовой, глава 38 — Н. П. Григорьевым.

Бируни. Абу-р-Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия). Изд. АН СССР 1963.

Болл С. Геологическое и географическое распространение драгоценных камней. Горн. журн., 1923, № 7, с. 358—362, № 8—9, с. 441—49.

Бринкман. Господина Ф. Б. Бринкмана, Медицины доктора, Герцога Брауншвейгского придворного медика и Анатомии профессора. Сочинение о драгоценных камнях, с прибавлением описания так называемого Зальцтальского камня. Перевод шихтмейстера Василия Беспалова. Рассмотрено в Учрежденом при Горном Училище собрании членами обербергмейстерами Александром Карамышевым и Иваном Хемницером. Печатано при оном-же училище. 1779 год. В Санктпетербурге.

Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П., Геология месторождений драгоценных камней, «Недра», 1974.

Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Геология месторождений поделочных камней, «Недра», 1976.

Плиний. Кайя Плиния Секунда Естественная история ископаемых тел, переложенная на российский язык в азбучном порядке и примечаниями дополнена трудами В. Севергина, СПб., 1849 г.

Пыляев М. И. Драгоценные камни, их свойства, месторождения и употребление, СПб., 1896.

Севергин, Василий, акад., О различных видах, местопребывании, образовании и употреблении агата, Технол. журнал, т. II, ч. 4, 1805, с. 130; т. III, ч. I, 1806, с. 70.

Ушаков А., Драгоценные камни в промышленном и минералогическом отношении, СПб., 1862.

Ферсман А. Е., Драгоценные и цветные камни России, АН СССР, т. I. Описание, Петроград, 1920; т. II. Месторождения, Ленинград, 1925.

Ферсман А. Е., Очерки по истории камня, АН СССР, т. I, 1954; т. II, 1961.

В. Петров

Предисловие к английскому изданию

При подготовке четырнадцатого английского издания было внесено большое количество сравнительно мелких исправлений — главным образом для того, чтобы учесть новейшие данные. Глава о синтетических камнях расширена: в нее включен материал, отражающий последние достижения в этой области. Дополнены также многие описательные разделы части III. Заново написана глава о происхождении алмазов, пересмотрены и расширены главы о кварце, халцедоне и нефрите. Для удобства читателей изменено (где это требовалось) расположение минералов в таблицах: многие списки составлены в алфавитном порядке. В библиографический список добавлено около 50 наименований, с тем чтобы помочь читателю разобраться в новой литературе. Хотелось бы надеяться, что это не перегрузило книгу. Сохранена система группировки материала в главы и разделы, использованная в тринадцатом издании (1958 г.).

Приятно отметить ту великодушную помощь, которую я получил от коллег при подготовке указанных изменений. Г-н Р. Вебстер высказал много предложений и был настолько любезен, что передал мне некоторые материалы еще до опубликования его собственной работы. Г-да Б. У. Андерсон, Дж. Ф. Эндрюс и д-р Дж. Ф. Кларингбулл прислали полные ответы на мои вопросы; г-да Дж. Ф. Эндрюс и Э. А. Джоббинс передали мне много литературных материалов. К большой для меня радости, я смог в полной мере использовать длинный список критических замечаний и предложений, сделанных г-ном Дж. Р. Х. Чизолмом при подготовке предыдущего издания и частично до этого момента не учтенных. Полезные замечания были получены во время длительной переписки с г-ном Дж. Джослином, который предоставил также библиографический материал по широкому кругу вопросов. Проф. Ф. С. Фрэнк познакомил меня с последними работами, касающимися происхождения алмазов. Я признателен также и другим лицам: г-дам Дж. Берлсу, Д. А. Фрейзеру, Н. Дж. Гесту, Дж. Дж. Пауэру и М. Вуду.

Замечательные цветные рисунки, сделанные г-жой Хелин Уилсон и прекрасно выполнявшие свое назначение в течение 30 лет в предыдущих изданиях этой книги, заменены теперь серией новых цветных фотографий. Я чрезвычайно благодарен г-ну Э. А. Джоббинсу за организацию этой работы в Институте

геологических наук, а также ему и г-ну Дж. М. Палсфорду за искусное и аккуратное выполнение этой работы. Фотографии публикуются с разрешения Инспектора Издательства Ее Величества. Г-да Э. А. Джоббинс и П. Дж. Эмбри прочитали верстку некоторых разделов книги и сделали полезные замечания.

Представляя это издание, я повторяю слова надежды, выраженной д-ром Г. Смитом в предисловии к первому изданию: для тех, кто по профессии связан с драгоценными камнями, эта книга будет полезна в их ежедневной работе, а другие читатели смогут узнать из нее о множестве красивых минералов, которые используются как драгоценные камни.

Февраль 1972 г.

Ф. С. Филлипс

1
Введение

Красота, долговечность, редкость — таковы три главных достоинства настоящего драгоценного камня. Камни, которым недостает какого-либо из этих свойств, не могут претендовать на то, чтобы считаться драгоценными, хотя это совсем не означает, что они не могут быть использованы для украшения. Жемчуг, который относят к числу драгоценных камней неправильно, так как он создается живыми организмами, но который занимает почетное место в ювелирном деле, представляет собой в некотором смысле исключение, поскольку бесспорная красота возмещает его сравнительно малую долговечность.

Сказать, что драгоценный камень должен радовать глаз,— значит сказать банальную вещь, так как именно в этом и заключается весь смысл драгоценности. Представителей царства минералов, которые находят применение в ювелирном деле, можно разделить на три группы в зависимости от того, прозрачные ли они, просвечивающие или непрозрачные. Первая из этих групп, безусловно самая крупная и самая важная, делится в свою очередь на два отдела: камни бесцветные и камни окрашенные (цветные). В первом из них главенствующую роль играет алмаз, поскольку только он обладает способностью излучать чудесный огонь и посылать при каждом повороте лучи света — от небесно-голубого до пламенно-красного, что особенно в нем ценится и заставляет усиленно искать его. Другие камни, такие, как обожженный циркон, белый сапфир, белый топаз и горный хрусталь, также могут ослепить бликами света, отраженного от их поверхности или исходящего изнутри, но ни один из них не сверкает, как алмаз, таинственными лучами. Требуется все искусство мастера, чтобы обеспечить такое расположение граней, при котором раскрылось бы полностью богатство камня. С другой стороны, привлекательность окрашенных камней больше зависит от присущих им оттенков цвета, чем от способа огранки. Тон окраски не должен быть слишком светлым или слишком темным: камни, в которых цвет только едва угадывается, представляют небольшой интерес, так же как и камни, которые кажутся почти непрозрачными, черными. Огранщик может до некоторой степени исправить такие недостатки, изготавливая из одних камней толстые пластинки, а из других — тонкие. В некоторых своеобразных камнях, например в турмалине, прозрачность в значительной степени раз-

лична в разных направлениях, тогда как в других, например в рубине, сапфире, кунците, сильно меняется цвет. Цвета, вызывающие самое сильное восхищение,— огненно-красный цвет рубина, царственно-синий сапфира, живой зеленый цвет изумруда и золотисто-желтый цвет топаза — все это чистые цвета, и соответствующие им спектры поглощения в целом непрерывны и часто узки. Поэтому они сохраняют чистоту своей окраски даже при искусственном свете, хотя некоторые сапфиры пропускают сравнительно много красного света и соответственно вечером становятся пурпурными. Из небольшой группы просвечивающих камней, через которые свет хотя и проходит, но его недостаточно для того, чтобы через камни можно было что-то увидеть, наиболее важную роль играет опал. Он и еще некоторые минералы из этой группы ценятся благодаря тому же оптическому эффекту, который создается на поверхности мыльных пузырей, потускневшей стали и т. д., а не благодаря собственной окраске. Другой вид камней — лунные и звездчатые камни — отражают свет от своих внутренних граней, но не настолько хорошо, чтобы возникала игра света. В последней группе, объединяющей непрозрачные камни, типичных драгоценных камней мало; главные из них — бирюза, лазурит и нефрит. В этом случае свет рассеивается, отражаясь от слоев, находящихся непосредственно у поверхности камня, а цвет определяется возникающим поглощением. Темный тон сильно окрашенных камней обусловлен другой причиной: свет, попадая в камень, полностью в нем поглощается и, поскольку из камня свет не выходит, камень кажется черным. Среди заказов на бирюзу постоянно преобладают заказы на ее синюю разновидность; камни с зеленоватым оттенком пользуются малым спросом.

Безусловно, важно, чтобы камни, используемые в ювелирном деле, могли сопротивляться механическим и химическим воздействиям, неизбежным при их повседневном использовании. Едва ли кто-нибудь захочет менять изношенные драгоценности спустя всего лишь несколько лет; конечно, самые ценные камни должны сохраняться вечно. Мелкие частицы песка, содержащегося в обычной пыли, вызывают механическую абразию, поэтому драгоценные камни должны быть по меньшей мере столь же твердыми, как эти частицы,— условие, выполняющееся для всех главных видов камней, за исключением опала, бирюзы, хризолита и демантоида. Однако и эти четыре камня только немного мягче частиц песка. Следует отметить, что мягкость стеклянных и фарфоровых изделий делает их непригодными для ювелирных целей, не говоря уже о всех других их недостатках, которые объясняют нежелание знатоков использовать поддельные камни. Пластмассовые поделки еще мягче, чем фарфоровые и стеклянные, поэтому едва ли они способны выдержать столь трудное соперничество. Тем не менее некоторые виды пластмасс обладают идеальной прозрач-

ностью, и им можно придать приятную для глаз окраску, поэтому они должны нравиться тем, кто интересуется привлекательными, но дешевыми украшениями и кого не смущает их слабая стойкость против износа. Только те драгоценные камни, которые обладают хотя бы слабой пористостью, могут подвергнуться во время носки химическим воздействиям. Лучше не опускать бирюзу в жидкость, даже в воду, чтобы синевато-зеленый цвет не приобрел в результате окисления обесценивающий желтоватый оттенок. Опасность повредить опалы, лунные и звездчатые камни грязью и жиром (при проникновении их внутрь камней) не так велика, но пренебрегать ею не следует. В еще большей степени эти замечания относятся к жемчугу. Его очарование, вызываемое особой игрой света на поверхности жемчужин, может пропасть в результате загрязнения жиром, чернилами или другими подобными веществами; кроме того, жемчуг очень мягок.

Никто не станет отрицать, что люди предпочитают редкое красивому, а то, что доступно всем, ценится мало. Именно поэтому гранат, например, долгие годы был в немилости. Легко было найти покупателей на капский рубин, но не на гранаты; часто можно было услышать: «Гранаты так обычны...» Тем не менее так называемый капский рубин — это в действительности один из видов гранатов. Если бы наука нашла способ изготавливать алмазы, стоимость которых измерялась бы пенсами, а не многими фунтами стерлингов, которые в настоящее время запрашивают за дары Природы, то можно не сомневаться, что алмазы полностью исчезли бы из модного ювелирного обихода.

При тщательном изучении витрин крупнейших ювелирных магазинов выясняется, что, несмотря на кажущееся разнообразие, число представленных видов камней очень невелико. Алмаз, рубин, изумруд, сапфир, жемчуг и опал — вот и все, чем, как правило, ограничивается выбор; однако, как будет показано на страницах этой книги, имеется много других камней, также достойных внимания. На первые пять из упомянутых выше видов камней спрос в обычные годы сравнительно устойчив и испытывает абсолютные изменения только в связи с изменением покупательной способности населения, но менее известные камни могут внезапно приобрести особое значение благодаря капризу моды или склонности какой-нибудь знатной дамы или известной законодательницы мод. Например, несколько лет назад излюбленным цветом дамских платьев был фиолетовый, и поэтому очень большим успехом пользовались аметисты, подходившие по окраске к этим платьям. Но с изменением моды аметисты снова были преданы забвению. Иной раз какой-нибудь камень может появиться, скажем, на королевской свадьбе; так случилось, например, с сапфиром в 1935 г. На короткое время он стал чрезвычайно модным, но вскоре вернулся на свой нормальный уровень.

Помимо алмаза к перворазрядным камням, бесспорно, относятся рубин, изумруд, сапфир и, очевидно, жемчуг; разместить драгоценные камни в каком-либо строгом порядке невозможно, но при научном описании разновидности одного и того же минерала должны группироваться вместе во избежание ненужных повторений, так что в этой книге аквамарин, хотя он гораздо менее ценен, чем изумруд, помещен вместе с ним в раздел о берилле. Каждое поколение становится свидетелем каких-то изменений. Цена камня — это в конце концов всего лишь прихоть рынка, а о его художественных достоинствах мнения могут быть различными. Известный афоризм «о вкусах не спорят» предупреждает о том, что не стоит особенно распространяться на эту тему.

Современное поколение заметно отличается от прежних своим отношением к имитационным ювелирным украшениям, и особенно к поддельному жемчугу, и очень часто теперь люди, притязающие на хороший вкус, украшены серьгами и ожерельями из явно поддельных драгоценностей. Красивые безделушки, которые, хотя и короткое время, радуют глаз, можно приобрести по низкой цене, и когда такие вещи предпочитают дорогим камням, это, вероятно, следует считать не чем иным, как обычным благоразумием, если обстановка, в которой носят украшения, такова, что их можно потерять или повредить. Этому способствует и широкое использование в серьгах винтовых зажимов вместо отверстий в мочке уха. То же относится и к ожерельям: если их носят в дневное время, выходят в них на улицу, закрывают шарфом, они могут легко потеряться из-за поломки замка. По тем же причинам для украшений на туфлях и других вещах используют стеклянные или пластмассовые имитации.

Описания камней, даже очень четкие и детальные, и иллюстрации, даже очень хорошие, не могут полностью заменить зрительное восприятие, и мы советуем читателям внимательно изучить граненые камни, выставленные в музеях, особенно в больших национальных экспозициях Лондона. Коллекция минералов в Британском музее естественной истории содержит обширный и разнообразный набор граненых камней, которые включены, как правило, в «Общую коллекцию», так что обработанные образцы можно легко сравнить с камнями, имеющими естественную огранку. Однако две чрезвычайно интересные коллекции выделены особо. Одна из них собрана сэром Артуром Х. Черчем и после его смерти в 1915 г. была подарена музею его вдовой; эта коллекция особенно богата цирконами. Другая коллекция была завещана музею в 1934 г. господином Томасом Б. Кларком-Торнхиллом; она включает богатый набор окрашенных алмазов, много крупных камней и яркий двухцветный кристалл александрита. Поразительной достопримечательностью Геологического музея в Южном Кенсингтоне (Лондон) является обширный набор обра-

ботанных камней, представленных в экспозиции. Музей Виктории и Альберта имеет коллекцию специально отобранных граненых камней, которая была завещана музею в 1869 г. преподобным Чонси Хейр-Таунзендом. Она была систематизирована сэром Артуром Кларком, который подарил музею несколько прекрасных камней, восполняющих пропуски в этой коллекции. Кроме того, в нее включено около 50 образцов, находившихся раньше в коллекции жемчуга и драгоценных камней Генри Филипа Хоупа. Представительные коллекции, хотя и меньшего размера, можно увидеть как во многих городских музеях Лондона, так и в музеях других городов, например Бирмингема, Эдинбурга и Глазго [1].

3261

[1] В Советском Союзе наибольшее количество прекрасных драгоценных камней собрано в коллекции Алмазного фонда в Москве. Очень много камней старой огранки находится в Оружейной палате в Кремле. Из музеев, хранящих коллекции современных и древних драгоценных камней, следует упомянуть Государственный Эрмитаж в Ленинграде, Государственный Исторический музей в Москве, Минералогический музей АН СССР, музеи Ленинградского горного института, Московского государственного университета и Московского геологоразведочного института.— *Прим. ред.*

I
Физические характеристики

2
Форма и структура кристаллов

а. Кристалл и стекло

За исключением опала, все минералы, используемые в ювелирном деле, отличаются от стекла и подобных ему веществ тем, что они являются кристаллическими веществами; другими словами, их атомы образуют правильную структуру.

Смысл слов «кристалл» («кристаллический») и «стекло» («стекловатый»), употребляемых в научных описаниях, значительно отличается от обычного их смысла. Первое из них происходит от греческого κρύος, что означает лед, и одно время это слово использовалось в английском языке именно в таком смысле. Например, в староанглийском переводе Псалтири читаем: «He sendis his kristall as morcels» [1] (в русском переводе: «Бросает град свой кусками» — Псалом 147, стих 6). Оно применялось также для обозначения прекрасных блестящих кусков кварца, которые попадались среди покрытых вечными снегами горных вершин Альп; эти куски были настолько прозрачны, что, по свидетельству Плиния [2], их считали состоящими из воды, которая

[1] В каноническом английском переводе (Psalm CXLVII. 17): «He casteth forth his ice like morsels» — буквально: «Он бросает вперед свой лед, как мелкие кусочки».— *Прим. перев.*

[2] «Совершенно противоположная причина создает кристалл — вещество, затвердевшее благодаря чрезвычайно сильному холоду. Находят его только там, где сильнее всего замерзает зимний снег; несомненно, это особый род льда, потому-то ему и дали это греческое название» («Contraria huic causa crystallum facit, gelu vehementiore concreto. Non aliubi certe reperitur, quam ubi maxime hibernae nives rigent: glaciemque esse certum est: unde et nomen Graeci dedere». Caii Plinii Secundi Historiae Naturalis Libri XXXVII, кн. 37, гл. 2). Гай Плиний Секунд (Плиний Старший) родился в 23 г. н. э., погиб в 79 г. при наблюдении грандиозного извержения Везувия, при котором были разрушены Геркуланум и Помпеи (Секунд — родовое имя Плиниев). Знаменитая работа Плиния «Естественная история в 37 книгах» была закончена в 77 г. н. э.

застыла под действием сильнейшего мороза, царящего в тех районах. Сегодня мы тоже говорим «кристаллы кварца», но уже в современном обычном значении. Однако, когда первые исследователи обнаружили, что раствор соли, испаряясь, оставляет после себя скопления тонких сверкающих призм, очень похожих одна на другую, они, естественно (хотя, как мы теперь знаем, ошибочно), восприняли их как еще одну форму затвердевшей воды и назвали это вещество уже известным словом — «кристалл». Последующие исследования показали, что как эта выпавшая из раствора соль, так и минеральные вещества, встречающиеся в природе и часто имеющие плоские грани, обладают, как правило, важным свойством закономерного расположения составляющих их атомов; поэтому наука определяет «кристалл» как материальное тело, в котором структура повсюду одинакова, а все близкие по характеру атомы, входящие в его состав, располагаются в этой структуре одинаковым образом.

Другое слово — «стекло» — еще обыкновеннее; этим словом обозначают прозрачное, блестящее, твердое и хрупкое вещество, образующееся при плавлении песка в смеси с содой или с поташем (или и с тем, и с другим). Стекло вставляют в оконные рамы, оно используется и для множества других целей. Исследования показали, что в стекле, таком, казалось бы, однородном по внешнему облику, нет закономерного расположения атомов. В действительности стекло представляет собой трехмерную мозаику атомов, как-то собранных вместе, но настолько незакономерно, что это их случайное расположение создает видимость совершенно правильного устройства. Наука использует слово «стекло» в этом широком значении. По сути дела, два вещества могут иметь один и тот же химический состав, но одно будет кристаллическим, а другое — стекловатым. Например, кварц, если его нагревать до высокой температуры, может расплавиться и превратиться в стекло. Различие между двумя типами структур можно сравнить с различием между батальоном солдат, выстроенных для парада, и простой толпой людей.

В природе встречаются разные виды стекла. Раньше всех стал известен обсидиан, который представляет собой стекло, образовавшееся при быстром остывании лавы, извергавшейся из действующего вулкана. Под названием «тектиты» объединяются таинственные кусочки зеленоватого стекла, обнаруженные в разных местах земного шара и известные как молдавит, австралит или биллитонит (по названию местности). Поскольку тектиты встречаются далеко от вулканических районов, они, очевидно, отличаются от обсидиана по происхождению. По их характерной форме можно предположить, что они попали на земную поверхность, пройдя через атмосферу, т. е. что они появились из внешнего пространства, однако они отличаются по составу и физическим

характеристикам от всех известных метеоритов, и никто никогда не видел, чтобы они падали с неба. Происхождение стекол — кремней, найденных в Ливийской пустыне (Северная Африка) в виде крупных кусков, все еще неизвестно. Стекла — кремни гораздо более неправильной формы, встречающиеся близ некоторых метеоритных кратеров,— это результат плавления песка под действием тепла, выделяющегося при падении крупных метеоритов. Можно считать, что как тектиты, так и стекла — кремни Ливийской пустыни образовались при сильном нагреве, но источник тепла остается пока неизвестным.

Класс минералов, не относящихся ни к кристаллическим, ни к стекловатым, представлен опалом. Когда горячие подземные воды с растворенным в них кремнеземом достигают поверхности, из них благодаря быстрому охлаждению и испарению выпадает студенистый кремнистый осадок с переменным содержанием воды, который и превращается в минерал, известный под названием «опал». В дальнейшем в нем может происходить кристаллизация, но образующиеся при этом кристаллы обычно настолько мелкие, что в оптическом отношении опал ведет себя так, как если бы он был совершенно аморфным, хотя с помощью рентгеновских лучей можно обнаружить в нем частично раскристаллизованную структуру.

б. Морфология кристаллов

Природные кристаллы, за малым исключением, имеют гладкие кристаллические грани. В небольших кристаллах эти грани оптически плоские и дают четкие отражения предметов (как в оконном стекле); у более крупных кристаллов грани часто бывают не такими совершенными, и отражения в них оказываются несколько размытыми. Плоские грани — это внешнее выражение правильности внутреннего расположения атомов, характеризующего кристаллическое состояние вещества. Наука, изучающая, как происходит развитие этих естественных граней и как они размещаются в пространстве, представляет собой отрасль кристаллографии и называется морфологией кристаллов. Знание морфологии драгоценных минералов часто необходимо для определения таких камней в необработанном состоянии; это знание имеет также большое значение для мастера, желающего провести наилучшую огранку камня.

1. Симметрия кристаллов

В хорошо сформированных кристаллах, например в кристаллах граната (рис. 1) или циркона (рис. 2), хорошо видны системы подобных друг другу граней. Расположение этих подобных гра-

ней определяет симметрию кристалла (а в конечном счете — симметрию его внутренней атомной структуры). Все кристаллы одного и того же вещества имеют одинаковую симметрию, но у кристаллов разных веществ симметрия может быть очень различной. Так, гранат имеет очень высокую симметрию, циркон — несколько меньшую, а ортоклаз (рис. 3) и аксинит (рис. 4) — еще более низкую симметрию. Элементы симметрии, присущие кристаллам, делятся на три типа. В приведенных до сих пор примерах каждой грани кристалла соответствует подобная и

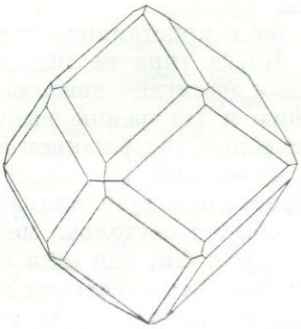


Рис. 1. Кристалл граната.

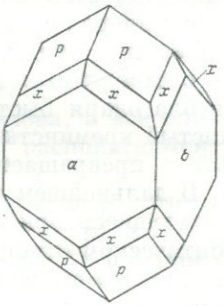


Рис. 2. Кристалл циркона.

параллельная грань на его противоположной стороне, и о таких кристаллах говорят, что у них имеется *центр* симметрии. Однако в ряде веществ рост кристаллов происходит в общем случае так, что по меньшей мере некоторые грани не имеют параллельных одинаковых граней,— у них нет центра симметрии. Примерами могут служить кристаллы сфалерита (рис. 5) и турмалина (рис. 6).

Второй элемент симметрии — *плоскость* симметрии. Такой плоскостью кристалл можно мысленно разделить на две совершенно одинаковые части, но кристаллографическое понимание плоскости симметрии отличается от чисто геометрического одним важным ограничением. Две части кристалла не только должны быть одинаковыми, но они должны располагаться относительно плоскости симметрии как предмет и его зеркальное отражение. Таким образом, если в простом кубе (рис. 7) существуют диагональные плоскости симметрии, располагающиеся под прямыми углами к каждой квадратной грани, то в прямоугольном параллелепипеде (рис. 8) плоскостей кристаллографической симметрии, которые занимали бы диагональное положение, нет. Количество хорошо выраженных плоскостей симметрии изменяется от одного вещества к другому в широких пределах. В простом кубе мы видим 9 плоскостей симметрии: три плоскости одного вида проходят параллельно граням куба (рис. 9) и шесть — диагонально (рис. 7).

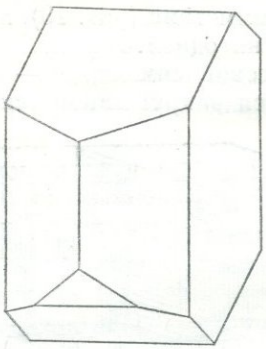


Рис. 3. Кристалл ортоклаза.

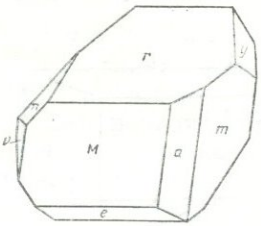


Рис. 4. Кристалл аксинита.

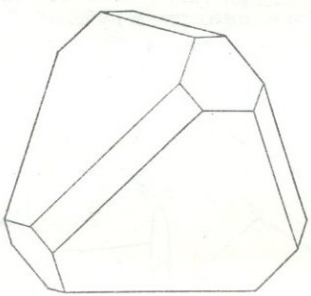


Рис. 5. Кристалл цинковой обманки (сфалерита).

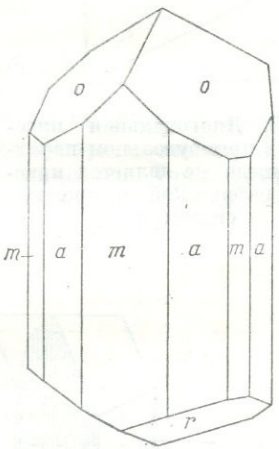


Рис. 6. Кристалл турмалина.

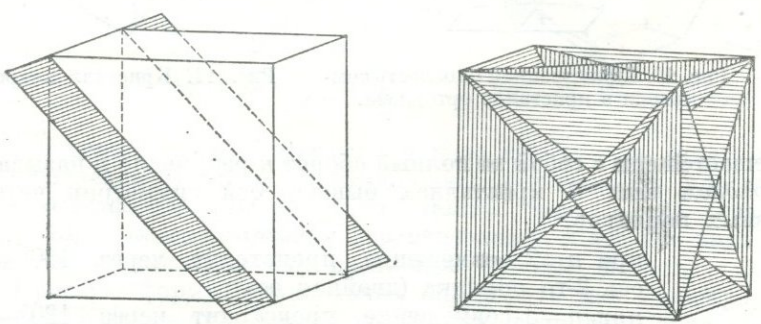


Рис. 7. Диагональные плоскости симметрии в кубе.

В ортоклазе имеется одна плоскость симметрии (рис. 10), а в кварце (рис. 11) и аксините (рис. 4) нет ни одной.

Третий элемент кристаллографической симметрии — *ось* симметрии. Если кристалл поворачивается вокруг такой оси, он со-

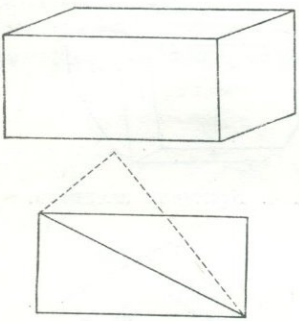


Рис. 8. Диагональная плоскость в прямоугольном параллелепипеде не является кристаллографической плоскостью симметрии.

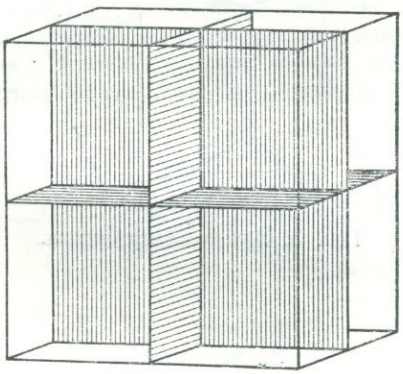


Рис. 9. Три главные плоскости симметрии в кубе.

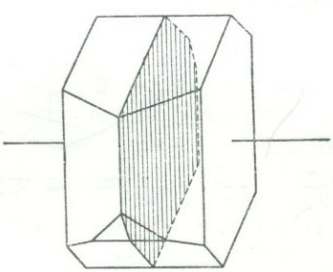


Рис. 10. Единственная плоскость симметрии в кристалле ортоклаза.

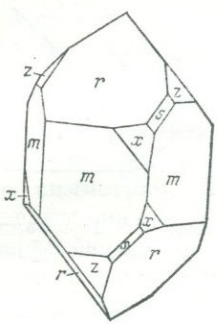


Рис. 11. Кристалл кварца.

вмещается сам с собой за полный оборот n раз; число n называется *порядком* оси. В кристаллах бывают оси симметрии четырех разных порядков:

при $n=2$ совмещение происходит через 180°— это ось 2-го порядка (двойная ось);
при $n=3$ совмещение происходит через 120°— это ось 3-го порядка (тройная ось);

при $n=4$ совмещение происходит через 90° — это ось 4-го порядка (тетрагональная ось);
при $n=6$ совмещение происходит через 60° — это ось 6-го порядка (гексагональная ось).

Как и в отношении плоскостей симметрии, различные вещества могут иметь самые разнообразные сочетания осей симметрии. В то время как простой куб имеет три оси 4-го порядка, четыре оси 3-го порядка и шесть осей 2-го порядка, ортоклаз, с его единственной плоскостью симметрии, имеет только одну ось 2-го порядка; у кианита вообще нет осей симметрии. Различные сочетания осей симметрии дают основу для классификации кристаллов, но перед тем, как обратиться к этой классификации, рассмотрим некоторые другие требующие внимания аспекты морфологии кристаллов.

2. Форма и габитус

Хотя все кристаллы одного и того же вещества должны иметь одно и то же сочетание элементов симметрии, это не означает, что облик всех кристаллов будет одинаковым. Гранат, обладающий такой же симметрией, как и простой куб (13 осей, 9 плоско-

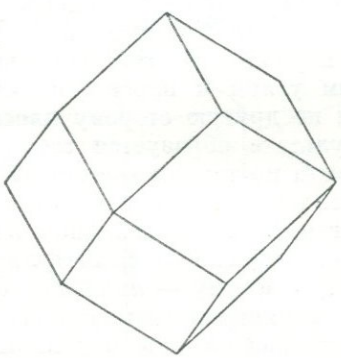


Рис. 12. Ромбододекаэдр.

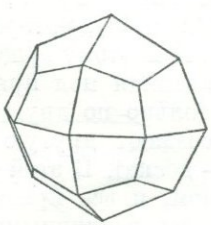


Рис. 13. Икоситетраэдр.

стей и центр), часто встречается в виде кристаллов, форма которых показана на рис. 12, с 12 ромбическими гранями, т. е. в виде *ромбододекаэдров*. Встречаются также тела с 24 гранями (рис. 13) — *икоситетраэдры* (трапецоэдры), и эти два вида кристаллов описываются как различные *простые формы*.

Простую форму можно точно определить как «совокупность граней, отвечающую данной симметрии, если дана одна грань». Предположим, например, что некоторое вещество имеет такую

структуру, которая создает гексагональную ось симметрии, нормальную к плоскости симметрии (такой вид симметрии характерен для кристаллов апатита). Грань, наклонная как к оси, так и к плоскости, будет повторяться вокруг оси шесть раз, и эти

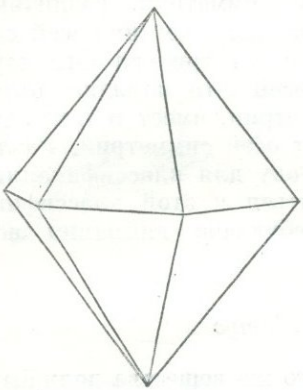


Рис. 14. Гексагональная бипирамида.

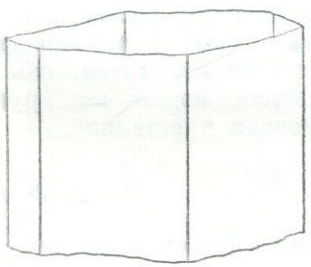


Рис. 15. Гексагональная призма.

шесть граней отразятся по другую сторону плоскости, так что в итоге образуется форма *гексагональной бипирамиды* (рис. 14). Однако если заданная грань параллельна гексагональной оси, она располагается под прямым углом к плоскости симметрии, и поэтому она при повторении по другую сторону плоскости не образует новой грани; в результате образуется *гексагональная призма* (рис. 15), которая открыта по торцам *(открытая форма)* и не может поэтому существовать в кристалле сама по себе. Грань, расположенная под прямым углом к гексагональной оси, повторяется только по другую сторону плоскости симметрии; эти две грани создают другую открытую форму — *пинакоид* (от греч. πίναξ — доска). В этой группе симметрии возможны только три вида форм, и все кристаллы, принадлежащие к данной группе, образованы различными сочетаниями этих форм.

Вернемся на короткое время к анализу формы граната, кристаллы которого в ряде случаев имеют облик, показанный на рис. 16 или 17. На первый взгляд нелегко увидеть связь этих 36-гранных тел с более простыми многогранниками, изображенными на рис. 12 и 13. Фактически оба тела — комбинации форм, показанных на рис. 12 и 13. Крупные грани на рис. 16 — это грани икоситетраэдра, а малые — грани ромбододекаэдра. Крупные грани на рис. 17 легко распознаются как грани ромбододекаэдра, ребра которого осложнены узкими гранями, принадлежащими икоситетраэдру. Такие вариации облика различных кристаллов одного

и того же вещества называются вариациями *габитуса*, который зависит от относительного развития различных форм. Кристаллы, показанные как на рис. 12, так и на рис. 17, имеют додекаэдрический габитус, а кристаллы, изображенные на рис. 13 и 16,—

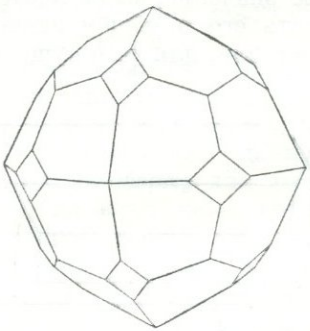


Рис. 16. Кристалл граната, в котором сочетаются две кристаллографические формы.

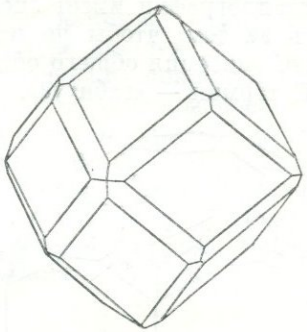


Рис. 17. Кристалл граната, отличающийся по габитусу от кристалла, показанного на рис. 16.

икоситетраэдрический габитус. На рис. 18 показаны три кристалла апатита с разным габитусом: 1) кристалл призматического габитуса, оканчивающийся небольшими гранями пинакоида и одной

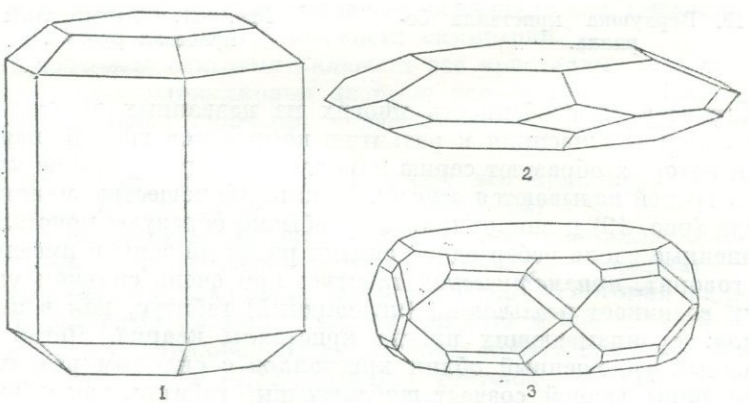


Рис. 18. Три кристалла апатита: *1* — призматический; *2—3* — таблитчатые.

гексагональной бипирамиды; 2) таблитчатый кристалл с гранями пинакоида, тупой бипирамиды и мелкими гранями призмы; 3) кристалл таблитчатого габитуса более сложной формы, содержащий грани нескольких бипирамид. При изображении кристал-

лов на рисунках все грани одной формы иногда отмечаются одинаковыми буквами (как на некоторых рисунках в этом разделе), но, к сожалению, общепринятые принципы буквенного обозначения отсутствуют. Ввиду того что выражение «простая форма» в кристаллографии имеет специальное значение, надо тщательно следить за тем, чтобы не использовать его в общем значении, т. е. для описания общего облика кристалла, для чего существует особый термин — «габитус».

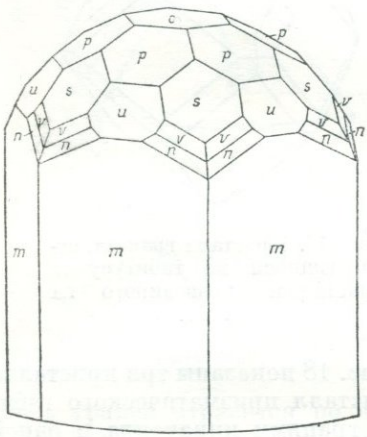


Рис. 19. Верхушка кристалла берилла.

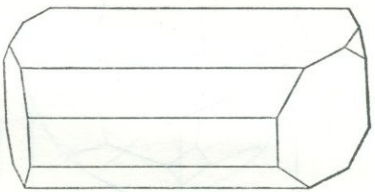


Рис. 20. Кристалл эпидота.

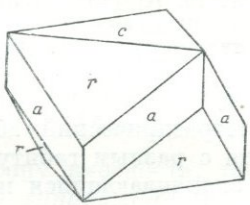


Рис. 21. Таблитчатый кристалл рубина.

Характерная особенность многих из названных до сих пор кристаллов — тенденция к развитию комплексов граней, пересечения которых образуют серию параллельных ребер; такие комплексы граней называются *зонами*. Некоторые вещества, например берилл (рис. 19) и эпидот (рис. 20), обычно образуют кристаллы, удлиненные вдоль ребер одной сильно развитой зоны и имеющие, как говорят, *призматический* габитус; при очень сильном удлинении возникает *игольчатый* (игловидный) габитус, как в иглах рутила, пронизывающих иногда кристаллы кварца. Четко выраженный уплощенный облик кристаллов с сильным развитием одной пары граней создает *таблитчатый* габитус, как у рубина (рис. 21), или *пластинчатый* габитус, как у некоторых кристаллов гематита.

Перед тем как снова обратиться к классификации кристаллов по симметрии, необходимо ввести еще одно определение. Термины «гексагональная призма» и «пинакоид» появляются в описании апатита в связи с особым отношением граней к элементам симметрии (грани призмы параллельны гексагональной оси и распо-

лагаются под прямым углом к плоскости симметрии; грани пинакоида перпендикулярны этой оси и параллельны плоскости симметрии); этими терминами обозначаются так называемые *особые формы*. Эти простые формы характерны не только для этой группы симметрии; обе они могут получиться, например, путем симметричных операций и в той симметрии, где имеется тройная ось и центр симметрии (к этой группе принадлежит фенакит). Гексагональная бипирамида образуется за счет грани, лежащей косо по отношению к элементам симметрии (наклон граней зависит от структуры вещества, в данном случае — апатита), и представляет собой *общую форму* для этой группы элементов симметрии. Для каждой из возможных групп элементов симметрии характерна своя общая форма (хотя общая форма одной группы может оказаться особой формой в других группах).

3. Сингонии (системы) и виды симметрии (классы) кристаллов

Кристаллы группируются в *сингонии* (системы), которые легко определить по характерным для них элементам симметрии. В Великобритании (как и в Советском Союзе.— *Перев.*) принято выделять семь таких сингоний.

Триклинная сингония включает все кристаллы, не имеющие ни осей, ни плоскостей симметрии.

Моноклинная сингония включает все кристаллы, имеющие одну двойную ось или одну плоскость симметрии.

Ромбическая сингония включает все кристаллы, имеющие три взаимно перпендикулярные двойные оси (или их эквиваленты).

Тригональная сингония включает все кристаллы, имеющие одну тройную ось.

Гексагональная сингония включает все кристаллы, имеющие одну гексагональную ось (ось 6-го порядка).

Тетрагональная сингония включает все кристаллы, имеющие одну четверную (тетрагональную) ось (ось 4-го порядка).

Кубическая (правильная, изометрическая) сингония включает все кристаллы, имеющие четыре тройные и три четверные оси. Тройные оси параллельны диагоналям куба и наклонены одна к другой под углом 70°32′. (Иногда тригональная сингония считается частью гексагональной сингонии, так что в этом случае насчитывается всего шесть различных сингоний.)

Кристаллы различных сингоний (систем) в свою очередь делятся на *виды* (классы) симметрии по совокупности элементов симметрии, которые дополняют характерные элементы сингонии, указанные выше. Существует 32 вида симметрии, но многие из них имеют очень небольшое значение и редко встречаются среди минеральных образований. В каждой сингонии подавляющее

число известных представителей обнаруживает степень симметрии, максимально возможную для данной сингонии: они принадлежат к так называемому *голоэдрическому* виду симметрии данной сингонии. Здесь нам необходимо упомянуть все голоэдрические и только несколько других видов симметрии, в которые попадают важнейшие драгоценные минералы.

I. Триклинная сингония. *Голоэдрический класс*: пинакоидальный. Единственный элемент симметрии — центр симметрии. Об-

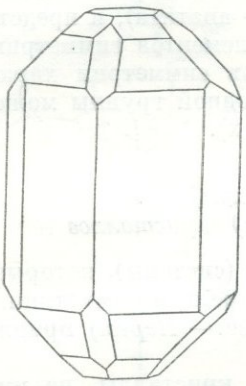


Рис. 22. Кристалл топаза.

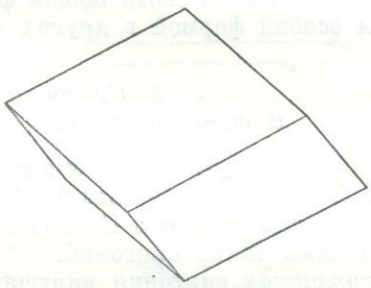


Рис. 23. Ромбоэдр.

щая форма — пинакоид; поскольку каждая форма состоит из пары параллельных граней, в реальных кристаллах должно существовать не меньше трех таких форм. Этот вид симметрии выражен в плагиоклазах, кианите и родоните.

II. Моноклинная сингония. *Голоэдрический класс*: призматический. Элементы симметрии: 1 двойная ось, 1 плоскость (под прямым углом к оси) и центр симметрии.

Особые формы — различные виды пинакоидов, общая форма — призма. Примерно половина всех известных кристаллических веществ относится к этому классу, а среди ювелирных материалов — ортоклаз (рис. 3), сподумен, эвклаз, сфен и эпидот (рис. 20).

III. Ромбическая сингония. *Голоэдрический класс*: ромбобипирамидальный. Элементы симметрии: 3 взаимно перпендикулярные двойные оси, 3 плоскости (под прямым углом к осям) и центр симметрии.

Особые формы — пинакоиды и призмы; общая форма — бипирамида. По значению этот класс занимает второе место. К нему принадлежат топаз (рис. 22), оливин и хризоберилл, а также менее известные минералы: андалузит, кордиерит, бериллонит, гамбергит, данбурит, брукит, фибролит, корнерупин, энстатит и цоизит.

IV. Тетрагональная сингония. *Голоэдрический класс*: дитетрагон-бипирамидальный. Элементы симметрии: 1 тетрагональная ось и 4 двойные оси, перпендикулярные ей, 5 плоскостей симметрии (под прямым углом ко всем осям) и центр симметрии.

Имеется большое количество особых форм; произвольно расположенная грань повторяется в виде четырех пар граней вокруг четверной оси, а они отражаются симметрично в нижней части кристалла, образуя, таким образом, дитетрагональную бипирамиду. Примерами минералов этого класса служат циркон (рис. 2), касситерит и везувиан.

Тетрагон-бипирамидальный класс. Элементы симметрии: 1 тетрагональная ось, 1 плоскость (под прямым углом к оси) и центр симметрии.

Особые формы — пинакоид (развивающийся из граней, расположенных под прямым углом к оси 4-го порядка) и тетрагональные призмы (из граней, параллельных этой оси); общая форма в этом случае — 8-гранная тетрагональная бипирамида без тех плоскостей симметрии, проходящих через тетрагональную ось, которые создают дитетрагональную симметрию и характерны для голоэдрии. К этому классу относится скаполит, которому иногда придают огранку драгоценного камня.

V. Гексагональная сингония. *Голоэдрический класс:* дигексагон-бипирамидальный. Элементы симметрии: 1 гексагональная ось, 6 двойных осей (под прямым углом к оси 6-го порядка), 7 плоскостей симметрии и центр симметрии.

Этот класс — гексагональный аналог голоэдрического класса тетрагональной сингонии. Среди особых форм фигурируют пинакоиды, призмы и гексагональные бипирамиды; общая форма имеет 6 пар граней, симметрично повторяющихся, что приводит к образованию дигексагональной бипирамиды. Выдающимся представителем этого класса является берилл.

Гексагон-бипирамидальный класс. Элементы симметрии: 1 ось 6-го порядка, 1 плоскость (под прямым углом к оси) и центр симметрии.

Примером минералов этого класса служит, как уже указывалось, апатит (рис. 18).

VI. Тригональная сингония. *Голоэдрический класс*: дитригон-скаленоэдрический. Элементы симметрии: 1 тройная ось, 3 двойные оси, перпендикулярные тройной оси, 3 плоскости (под прямым углом к двойным осям) и центр симметрии.

Имеется ряд особых форм, в том числе ромбоэдры (рис. 23). Общая форма, в которой отсутствует горизонтальная плоскость симметрии,— скаленоэдр, а не бипирамида; его название происходит от слова scalene (разносторонний, косой) — по облику неравносторонних треугольных граней (рис. 24). Примеры минералов этого класса — корунд, кальцит и гематит.

Дитригон-пирамидальный класс. Элементы симметрии: 1 тройная ось и 3 пересекающиеся по ней плоскости.

Особые формы включают как тригональные, так и гексагональные призмы, так что кристаллы могут иметь поперечное сечение в виде равностороннего треугольника. В них нет центра симметрии, общая форма — пирамида (но не *би*пирамида). Разные концы кристалла имеют различную симметрию. Наиболее наглядным примером минералов этого класса является турмалин (рис. 6).

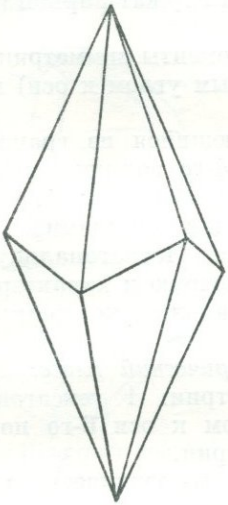


Рис. 24. Скаленоэдр.

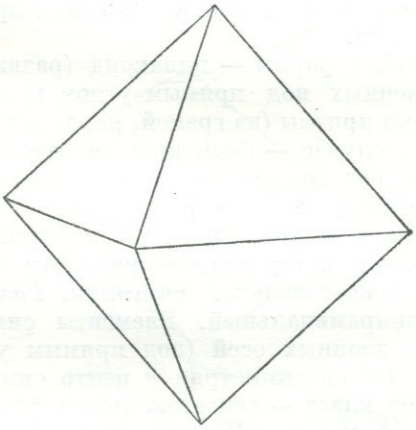


Рис. 25. Октаэдр.

Тригон-трапецоэдрический класс. Элементы симметрии: 1 тройная ось и 3 двойные оси, перпендикулярные тройной оси.

Плоскостей симметрии нет, и в кристаллах этого класса проявляется энантиоморфизм: их общие формы имеют правую и левую модификации, зеркально-симметричные и несовмещающиеся. К этому классу относится кварц (рис. 11), обладающий удивительным свойством вращения плоскости поляризации (впервые открытым Араго); это свойство характерно для кристаллов, лишенных плоскостей симметрии.

Дитригон-бипирамидальный класс. Элементы симметрии: 1 тройная ось; 3 двойные оси под прямым углом к ней; 3 плоскости, каждая из которых содержит тройную ось и одну из двойных осей, и 1 плоскость, перпендикулярная тройной оси.

Единственным представителем этого класса среди минералов является редкий драгоценный бенитоит.

Ромбоэдрический класс. Элементы симметрии: 1 тройная ось и центр симметрии.

Особые формы: пинакоиды и гексагональные призмы. Общая форма — ромбоэдр. К этому классу относятся фенакит, диоптаз и виллемит.

VII. Кубическая сингония. *Голоэдрический класс*: сорокавосьмигранники. Элементы симметрии: 3 оси 4-го порядка, 4 тройные

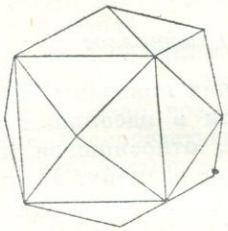


Рис. 26. Преломленный куб.

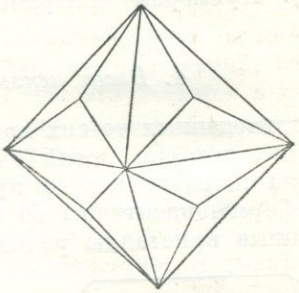


Рис. 27. Преломленный октаэдр.

оси, 6 двойных осей; 3 плоскости, расположенные под прямым углом к осям 4-го порядка; 6 других плоскостей (перпендикулярных двойным осям), центр симметрии.

Из особых форм для всех видов симметрии кубической сингонии типичны куб и ромбододекаэдр. Среди других особых форм

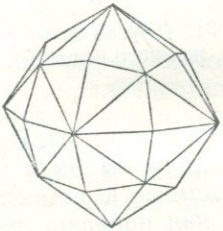


Рис. 28. Сорокавосьмигранник.

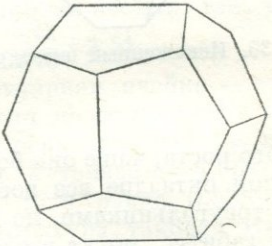


Рис. 29. Пентагон-додекаэдр.

этого класса — октаэдр (рис. 25), преломленный куб (рис. 26), икоситетраэдры и преломленный октаэдр (рис. 27). В кристаллах алмаза иногда четко видна 48-гранная общая форма (сорокавосьмигранник) (рис. 28). Другими примерами минералов этого класса служат гранат, шпинель и флюорит.

Дидодекаэдрический класс. Элементы симметрии: 3 двойные оси, 4 тройные оси, 3 плоскости (под прямым углом к двойным осям) и центр симметрии.

Характерная особая форма — пентагон-додекаэдр (рис. 29), иногда называемый пиритоэдром, так как он часто хорошо вы-

ражен в пирите — одном из главных представителей этого класса.

Класс тетраэдра. Элементы симметрии: 3 двойные оси, 4 тройные оси, 6 плоскостей.

Центра симметрии нет, характерная особая форма — тетраэдр (рис. 5). Примером минералов этого класса служит сфалерит.

4. Рост искаженных кристаллов

На приведенных до сих пор рисунках показаны только такие кристаллы, которые могли бы вырасти в идеальных условиях: все грани каждого такого кристалла, относящиеся к одной и той же форме, идентичны по виду и по размеру. К сожалению, естественные кристаллы редко образуются путем идеально сим-

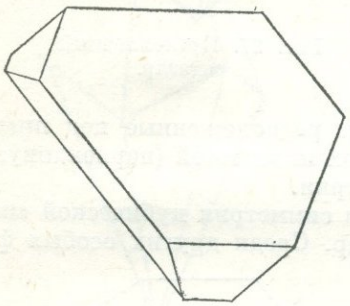


Рис. 30. Искаженный октаэдр.

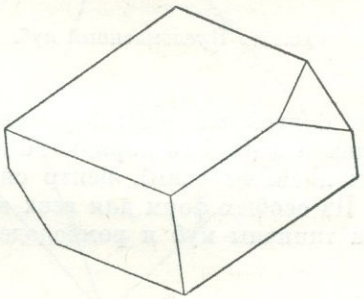


Рис. 31. Другой пример искаженного октаэдра.

метричного роста, чаще они более или менее искажены. В идеально правильном октаэдре все восемь граней должны быть равносторонними треугольниками, но кристаллы алмаза и шпинели, имеющие этот габитус, могут выглядеть так, как показано на рис. 30 и 31. На первый взгляд такое искажение формы кристаллов делает полностью несостоятельными предыдущие рассуждения о симметрии кристаллов, однако работами кристаллографов XVII и XVIII столетий было установлено, что хотя размер и вид граней в кристаллах данного вещества могут меняться от одного образца к другому, *угол между* соответствующими гранями остается постоянным. Углы между гранями можно измерить с помощью простого инструмента — гониометра, но точная интерпретация таких измерений обычно требует изображения результатов измерений на специальной диаграмме. Эта процедура редко бывает необходима при изучении драгоценных камней, и здесь она не рассматривается. За исключением случайных редких необычных

кристаллов или исключительно сильно искаженных форм, большинство природных кристаллов драгоценных минералов легко определяется после небольшой практики по внешнему виду.

5. *Кристаллографические оси и индексы граней*

Для целей описания положение каждой грани на поверхности кристалла приводится к системе трех прямых линий, пересекающихся в начале координат, так же как это делается в геометрии. Эти прямые линии называются *кристаллографическими осями*. До того как стало возможным изучать внутреннюю структуру кристаллов непосредственно, с помощью рентгеновских лучей, положение этих осей определялось по внешней морфологии. Проще всего эти оси можно себе представить в объемных «единичных ячейках», из которых, как теперь известно, и построены все кристаллы (рис. 32).

В кубической сингонии кристаллографические оси — это система трех равных отрезков a_1, a_2, a_3, параллельных ребрам единичного куба и расположенных под прямыми углами. В тетрагональной сингонии элементарная ячейка — прямая призма квадратного сечения; кристаллографические оси опять располагаются под прямыми углами, но вертикальная ось c (параллельная четверной оси симметрии) отличается по длине от одинаковых горизонтальных отрезков a_1, a_2. *Осевое отношение* c/a определяется как отношение длин сторон элементарной ячейки; так, у циркона $c/a=\frac{5,98}{6,60}=0,906$, а у анатаза $c/a=\frac{9,51}{3,78}=2,51$.

В ромбической сингонии элементарная ячейка — это прямоугольный параллелепипед с разными по величине отрезками a, b, c, параллельными трем двойным осям симметрии и также расположенными под прямыми углами. У топаза $a=4,650$, $b=8,800$, $c=8,394$, осевое отношение $a/b : 1 : c/b$ равно $0,528 : 1 : 0,954$.

В моноклинных кристаллах структура такова, что выбрать элементарную ячейку, в которой оси располагаются под прямыми углами, уже нельзя. Ячейка здесь представляет собой наклонную призму, условно помещаемую так, чтобы ось a оказалась наклоненной в сторону наблюдателя вниз, образуя в плоскости симметрии угол $\beta>90°$ с вертикальной осью c; кристаллографическая ось b параллельна двойной оси симметрии и, следовательно, перпендикулярна плоскости содержащей оси a и c. У диопсида $a=9,73$, $b=8,91$, $c=5,25$, $\beta=105°50'$, а у сфена $a=6,56$, $b=8,72$, $c=7,44$, $\beta=119°43'$.

В кристаллах, относящихся к триклинной сингонии, осей, идущих под прямыми углами, нет и кристаллографические оси располагаются неправильно; три неравные оси a, b, c наклонены друг к другу под углами α, β, γ, ни один из которых не равен 90°.

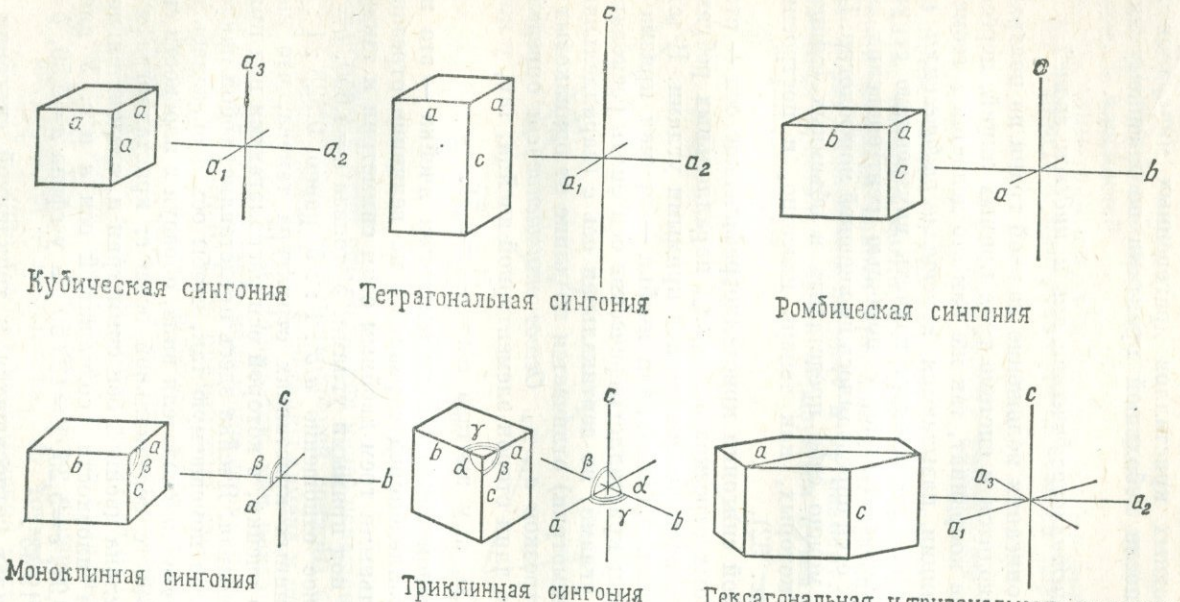


Рис. 32. Единичные ячейки и кристаллографические оси.

Кристаллографические параметры аксинита: $a=7{,}15$, $b=9{,}16$, $c=9{,}86$, $\alpha=88°4'$, $\beta=81°36'$, $\gamma=77°42'$.

В гексагональной и тригональной сингониях оказалось удобным использовать систему четырех кристаллографических осей: трех горизонтальных осей a_1, a_2, a_3, расположенных под углами 120° друг к другу, и вертикальной оси c, перпендикулярной плоскости, содержащей первые три оси (следовательно, ось c параллельна шестерной или тройной оси симметрии).

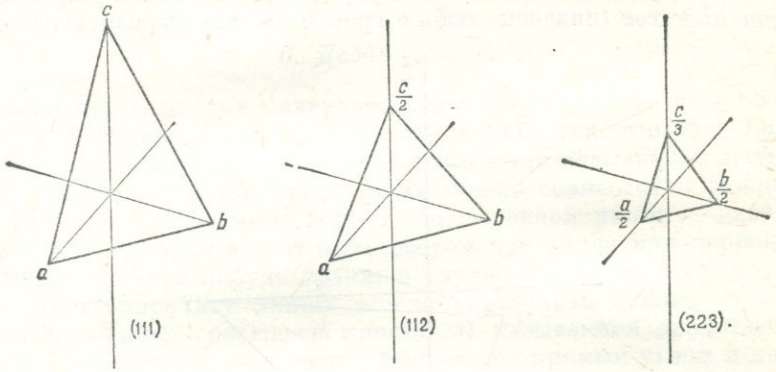


Рис. 33. Положение граней (111), (112), (223); показано соотношение между индексами граней и величиной отрезков, отсекаемых ими на кристаллографических осях.

Для обозначения взаимного расположения граней по отношению к кристаллографическим осям используется система *индексов граней*, или *символов Миллера* [1] (по фамилии Уильяма Хэллоуза Миллера, 1801—1880). Плоскость, отсекающая от кристаллографических осей отрезки, соотносящиеся между собой как ребра элементарной ячейки a, b, c, называется *единичной плоскостью*. Если эти ребра одинаковы, то индекс записывается 111 (читается: «один — один — один»). Индекс любой другой грани кристалла записывается (hkl), где a/h, b/k, c/l — отрезки, отсекаемые этой гранью на трех осях (рис. 33).

Таким образом, *чтобы определить индекс какой-либо грани, надо разделить параметрические отрезки на отрезки, отсекаемые этой гранью*, сокращая, если требуется, дроби. Мы упомянули выше, что у топаза $a : b : c=0{,}528 : 1 : 0{,}954$; обнаружено, что две другие часто встречающиеся грани наклонены так, что они отсекают отрезки с осевыми отношениями $0{,}528 : 1 : 0{,}477$ и $\infty : 1 : 1{,}918$. Следовательно, индексы этих граней будут сле-

[1] Существует несколько систем символов: Миллера, Браве, Федорова и др.; из них система Миллера — наиболее распространенная.— *Прим. перев.*

дующими:

$$\left(\frac{0{,}528}{0{,}528}\ \frac{1}{1}\ \frac{0{,}954}{0{,}477}\right)=(112)$$

и

$$\left(\frac{0{,}528}{\infty}\ \frac{1}{1}\ \frac{0{,}954}{1{,}918}\right)=\left(01\,\frac{1}{2}\right)=(021).$$

Тот факт, что в кристаллах всех симметрий существуют такие простые соотношения, позволил сформулировать *закон рациональности индексов* (индексы любых граней можно выразить небольшими целыми числами или нулем). Из этого закона следуют важные выводы, касающиеся характера внутренней структуры кристаллов; эти выводы полностью подтвердились затем при рентгеноскопии кристаллов.

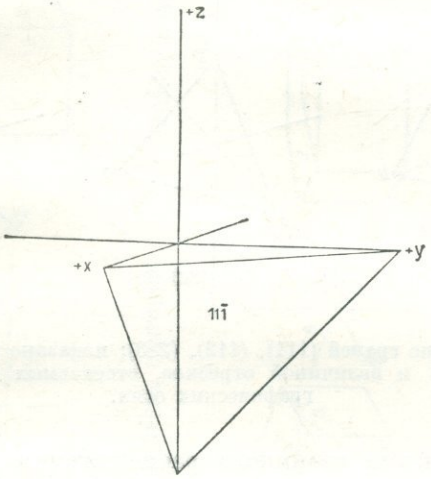


Рис. 34. Положительные и отрицательные направления кристаллографических осей и индексы.

Отрезок, отсекаемый на отрицательном продолжении оси, обозначается чертой над соответствующей цифрой; так, индекс передней нижней правой грани октаэдра (рис. 34) — (11$\bar{1}$) (читается: «один — один — минус один»). Цифра 0 в индексе, обозначающая отсекаемый отрезок бесконечной длины, соответствует параллельному расположению грани относительно данной оси; куб, например, состоит из шести граней: (100), (010), (001), ($\bar{1}$00), (0$\bar{1}$0), (00$\bar{1}$). Совокупность всех граней, образующих ту или иную форму, обозначается индексом одной из этих граней: например, куб — это форма {100} кубической сингонии, октаэдр — форма {111}.

Индексы для тригональных и гексагональных кристаллов, для которых используется система четырех кристаллографических осей, состоят из четырех цифр; третья цифра не является, конечно, независимой: величина отрезка, отсекаемого на третьей горизонтальной оси, определяется отрезками по двум другим осям, и в результате сумма первых трех цифр в таких индексах всегда равна нулю. Единичными плоскостями в этой записи можно считать плоскости $(10\bar{1}1)$ или $(11\bar{2}1)$.

6. *Двойникование*

Кристаллы многих минералов часто встречаются в виде сростков двух индивидов, располагающихся либо так, что один индивид служит как бы отражением другого в так называемой двойниковой плоскости, либо так, что их можно совместить, повернув на 180° (на пол-оборота) вокруг определенной линии — двойниковой оси, которая может быть ребром кристалла или перпендикуляром к какой-нибудь грани; в случае центрально-симметричных кристаллов эту линию можно определить любым из этих способов. Такие сросшиеся кристаллы называются двойниками. Двойниковая плоскость располагается под прямым углом к двойниковой оси, и часто она же и является плоскостью срастания, общей для двух индивидов. Некоторые виды кристаллов образуют сростки по нескольким законам двойникования; например, у кальцита имеется два обычных и два редких направления двойникования. Можно также допустить, что если два индивида, образующие кристалл, не удается привести в параллельное положение путем отражения в какой-либо плоскости или путем полуоборота вокруг некоторой оси, то это можно связать с двойниковым образованием промежуточного индивида, слишком маленького, чтобы его можно было увидеть.

Иногда два индивида соприкасаются друг с другом, как, например, в известном случае сдвойникованного октаэдра (рис. 35), характерного для алмаза и шпинели, а иногда они проникают друг в друга, как в двойниках флюорита (рис. 36). Такое взаимное проникновение может быть скрытым и не выраженным в морфологии кристалла, как в некоторых случаях двойникования в кварце. Иногда двойникование бывает многократным, как в случае хризоберилла (рис. 37) или арагонита, вследствие чего сростки кристаллов имеют более высокую симметрию, чем ту, которой они реально обладают. Иногда отдельные индивиды образуют параллельные тонкие пластинки, многократно повторяющиеся; этот способ двойникования называется полисинтетическим и часто легко распознается по серии параллельных борозд, видимых на грани.

Следует заметить, что, хотя взаимная ориентировка двух частей сдвойникованного кристалла может описываться как результат вращения, на самом деле никакого поворота чаще всего не было и кристаллы, образующие двойник, росли в одном и том же положении. Во время роста часть структуры строится в обратном направлении. В материалах, обладающих свойством энантиоморфизма, например в кварце, двойники могут состоять из двух индивидов — левого и правого; такие двойники можно считать от-

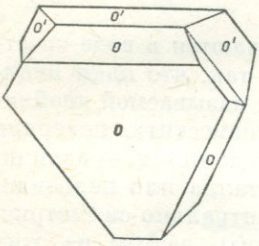


Рис. 35. Сдвойникованный октаэдр.

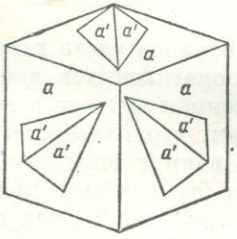


Рис. 36. Прорастающий двойник флюорита.

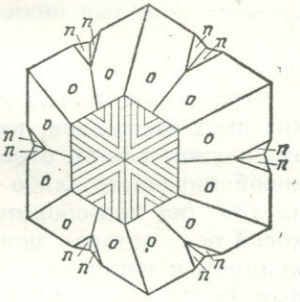


Рис. 37. Псевдогексагональный двойник хризоберилла.

ражением в двойниковой плоскости — никаким поворотом нельзя совместить правую структуру с левой.

Иногда после образования кристалл подвергается значительному давлению, которое приводит к повороту ориентировки части кристалла. Это явление известно как механическое двойникование, так как в этих случаях подвижка в кристалле происходит уже после завершения его роста. Такие кристаллы раскалываются, как правило, по плоскостям, разделяющим индивиды; об этих кристаллах говорят, что они обладают отдельностью. Ярким примером таких кристаллов среди драгоценных камней служат кристаллы корунда: плоскости отдельности в них параллельны базису. В булках синтетического корунда благодаря напряжениям, возникающим при остывании, развивается вторичное двойникование в сечении, проходящем через ось, и такие кристаллы стремятся раскалываться в этом направлении.

7. *Изоморфизм*

Важной особенностью кристаллизации является то, что химический состав вещества может изменяться без существенной перестройки общего каркаса, образуемого атомами. В веществах такого рода морфология кристаллов остается одинаковой или почти одинаковой, и, если кристаллы не относятся к куби-

ческой сингонии, при изменении химического состава происходит постепенное изменение углов между гранями и физических свойств: показателей преломления и удельного веса. Это свойство называется изоморфизмом — от греческих слов ἴσος (равный) и μορφή (форма).

Самый известный пример изоморфной группы среди драгоценных камней — семейство гранатов: гроссуляр $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, пироп $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, альмандин $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, спессартин $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$, андрадит $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ и уваровит $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$. Как будет показано ниже, ни один из анализов граната не соответствует точно какой-либо из этих формул, и состав любого граната можно описать как смесь в различных пропорциях двух или нескольких главных членов этого семейства. Отсюда ясно, что алюминий может замещаться в любом количестве трехвалентным (окисным) железом или хромом, и точно так же кальций может замещаться магнием, закисным железом или двухвалентным марганцем. В самом деле, замещение алюминия окисным железом, а кальция — закисным железом или магнием постоянно встречается в минералах, а это объясняет различие показателей преломления и удельного веса определенных минералов, например оливина (хризолита) и шпинели. Оливин фактически представляет собой группу изоморфных минералов, двумя конечными членами которой являются форстерит — силикат магния и фаялит — силикат железа. Позднее мы рассмотрим изменения в химическом составе шпинели.

Примером другого рода служит важная группа породообразующих минералов — плагиоклазов, которую можно описать как изоморфную смесь различных долей альбита $NaAlSi_3O_8$ и анортита $CaAl_2Si_2O_8$. В этом случае взаимно заменяются две пятивалентные пары: $Na^{1+}Si^{4+}$ и $Ca^{2+}Al^{3+}$.

В некоторых веществах замещение одних атомов другими происходит очень свободно. Например, в турмалине, помимо замещения натрия кальцием, наблюдаются и другие взаимные замещения, в которых участвуют алюминий, титан, железо, марганец, магний и литий, а также кислород, гидроксил и фтор. По сути дела, решающим фактором, позволяющим атому занять место в данной кристаллической решетке, является его размер.

8. Полиморфизм

В предыдущем разделе мы рассмотрели случаи, когда при значительном изменении химического состава морфология кристалла остается постоянной или очень близкой (т. е. структурный каркас остается существенно неизмененным). В этом разделе мы коснемся противоположного явления: при сходстве химического состава происходит значительное изменение морфологии кристаллов и,

как правило, физических свойств (в том числе часто меняется симметрия кристаллов), связанное с тем, что меняется основной каркас структуры. Если вещество встречается в двух различных кристаллических модификациях, его называют диморфным; если в трех — тримофным; общее название для такого явления — полиморфизм.

Наиболее яркий пример диморфизма дают алмаз и графит; по составу и тот, и другой представляют собой существенно чистый углерод, но первый из них гораздо тверже всех природных материалов и высоко ценится за способность резать твердые вещества, другой же исключительно мягок и обладает свойствами смазочного материала, используемого при больших нагрузках. Карбонат кальция встречается в виде двух различных минералов: кальцита и арагонита; первый из них образует ромбоэдрические кристаллы, которые, однако, часто бывают многократно сдвойникованными и показывают гексагональную симметрию. Точно так же и сульфиды железа — пирит и марказит — похожи по химическому составу, но первый кристаллизуется в кубической сингонии, а второй — в ромбической. Природный окисел, из которого получают титан, встречается в виде трех различных минералов: рутила, анатаза и брукита.

в. Структура кристаллов

Внутреннее строение кристаллов было предметом живого обсуждения уже в самом начале развития кристаллографии. В XVIII в. Р. Ж. Гаюи на основании того факта, что кальцит может раскалываться на сколь угодно мелкие ромбоэдры, высказал предположение, что кристаллы этого минерала построены из бесчисленного количества мельчайших кирпичиков такого вида и что все другие грани, помимо граней ромбоэдра, образуются путем закономерного «отступания» этих кирпичиков от плоскости соответствующей «стенки», так что неровности оказываются настолько малы, что грани кажутся оптически гладкими. Установление закона рациональности индексов, справедливого для всех кристаллов, сделало совершенно ясным, что все кристаллы построены этим путем, т. е. путем бесконечного повторения элементарной ячейки. Однако расширение знаний об атомной структуре вещества сделало не менее ясным и то, что элементарную ячейку нельзя считать твердым кирпичиком Гаюи; скорее ее можно уподобить элементу узора — объемному «мотиву», многократное повторение которого создает целый кристалл: точно так же, как двумерный мотив повторяется в узоре стенных обоев. Этот объемный элемент узора и составляет *элементарную ячейку* кристалла. Атомы, входящие в элементарную ячейку, опреде-

ляют состав получающегося кристалла, и их расположение в ячейке и их размеры определяют возникающую в результате роста морфологию кристалла. Легко понять поэтому причину отсутствия в кристаллах пятерной симметрии и симметрии более высокой, чем шестерная: даже говоря только о плоскости, легко представить, что единственными фигурами, которыми можно правильно заполнить плоскость, могут быть только квадраты, прямоугольники, параллелограммы, равносторонние треугольники и правильные шестиугольники.

Геометрическая теория трехмерных структур этого типа была полностью разработана еще в прошлом столетии. Однако вплоть до конца первого десятилетия нашего века кристаллографы не могли изучать эти структуры непосредственно и хорошо сознавали, что это происходит из-за малого размера элементарных ячеек по сравнению с длинами волн видимого света. В 1912 г. М. фон Лауэ и его помощники впервые доказали, что, проходя через кристалл, пучок рентгеновских лучей испытывает дифракцию. Дифрагированный пучок образовал на фотопластинке состоящий из пятен узор, симметрия которого была непосредственно связана с симметрией кристалла, находившегося на пути этого пучка. Способ Лауэ как средство изучения кристаллических структур был с того времени усовершенствован и заменен другими методами, которые позволяют специалистам по рентгеноскопии кристаллов определять размер и форму элементарной ячейки большинства кристаллических веществ, а также расположение содержимого этой ячейки. В методе *порошковой рентгенографии* пучок рентгеновских лучей пропускается через небольшой образец материала, растертого в очень тонкий порошок. Получается дифрактограмма (дебаеграмма), представляющая собой узор из линий, распределение и интенсивность которых характерны для кристаллической структуры; этот метод оказался очень удобным для определения подлинности драгоценных камней (необходимое небольшое количество материала можно соскрести с пояска ограненного камня, не причинив ему значительных повреждений). Однако нам не требуется здесь детально описывать все такие методы, хотя знание некоторых результатов рентгеноструктурного анализа полезно для понимания свойств драгоценных материалов.

1. Типы связей

Кристалл сохраняется как твердое тело под влиянием сил, действующих между составляющими атомами. Эти силы называются атомными связями; они могут быть различны. Во многих неорганических веществах и в большинстве минералов, используемых как драгоценные камни, эта связь *ионная*: отдельные

атомы ионизированы и имеют либо положительный, либо отрицательный заряд, а ионные связи возникают в результате притяжения между ионами с противоположными зарядами и отталкивания между ионами с зарядами одинакового знака. Например, во флюорите каждый положительно заряженный ион кальция окружен восемью отрицательно заряженными ионами фтора, симметрично расположенными, как в вершинах куба (рис. 38); в силикатах каждый ион кремния окружен четырьмя ионами кислорода; образуется группа, напоминающая тетраэдр. Алмаз, состоящий только из атомов углерода, дает пример другой атомной

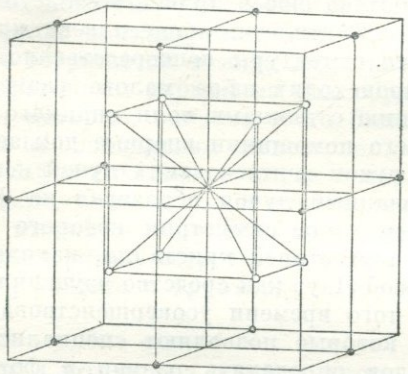


Рис. 38. Фрагмент структуры флюорита; ионы кальция — темные кружки, ионы фтора — светлые кружки.

связи: одинаковые атомы соединены между собой *гомеополярной*, или *ковалентной*, *связью*, при которой соседние атомы имеют общие электроны. Другие два типа связи требуют только краткого упоминания, так как они не имеют большого значения в драгоценных материалах. В кристаллах металлов действуют *металлические связи*, возникающие вследствие существования электронного облака, окружающего агрегат положительно заряженных ионов металла. Хотя во многих кристаллических структурах, принадлежащих к отмеченным выше, нет настоящих химических молекул как элементов структуры, все же в некоторых кристаллах, особенно в кристаллах органических веществ, существуют молекулярные группы. Связи внутри каждой молекулы в основном гомеополярные, но сами молекулы соединяются в целую структуру *остаточными связями (связями Ван-дер-Ваальса)*.

Для многих простых веществ характерны однородные ионные или однородные гомеополярные связи, охватывающие весь кристалл. В более сложных структурах в разных частях кристалла могут действовать различные связи; особенно это характерно

для структур, в которых обособляются атомы, входящие в химический радикал. В карбонатах, например, таких, как кальцит, каждый атом углерода соединяется гомеополярной связью с тремя атомами кислорода в плоские треугольные группы, а эти группы соединяются с ионами металлов ионной связью.

2. *Ионные и атомные размеры*

Когда два одинаковых иона оказываются расположенными очень близко друг к другу, действующая между ними сила отталкивания быстро возрастает, так что существует некоторое минимальное расстояние, на которое их центры могут сближаться. Таким образом, легко представить себе простую картину ионной

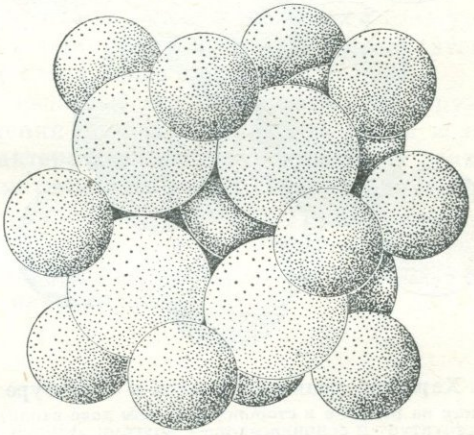


Рис. 39. Упаковка ионов в структуре флюорита: вокруг катиона располагается группа из восьми анионов.

структуры как упаковку соприкасающихся несжимаемых сфер. «Радиус» каждого данного иона зависит от рассматриваемого химического элемента и от величины его электростатического заряда; этот радиус мал для положительно заряженных ионов (*катионов*), таких, как Si^{4+}, Al^{3+}, Fe^{2+}, и велик для отрицательно заряженных ионов (*анионов*), таких, как F^{1-} и O^{2-}. Расположение ионов в структуре можно легко представить себе по изображениям упаковок, на которых радиусы ионов показаны в правильном соотношении. На таком рисунке для флюорита (рис. 39) кубическая группа из восьми крупных ионов F^{1-} окружает центральный ион Ca^{2+}, и это расположение прослеживается во всей структуре кристалла. Катион меньшего размера может быть окружен шестью анионами, образующими вершины октаэдра,

а еще меньший катион — только четырьмя анионами в виде тетраэдра. Последнее наиболее характерно для структуры силикатов, в которых маленький ион Si^{4+} помещается внутри тетраэдрической группы ионов O^{2-}. Возможность изоморфного замещения в таких структурах определяется главным образом радиусом иона замещающего элемента. Во многих силикатах ионы Al^{3+} замещают некоторые из ионов Si^{4+} внутри кислородных тетраэдров,

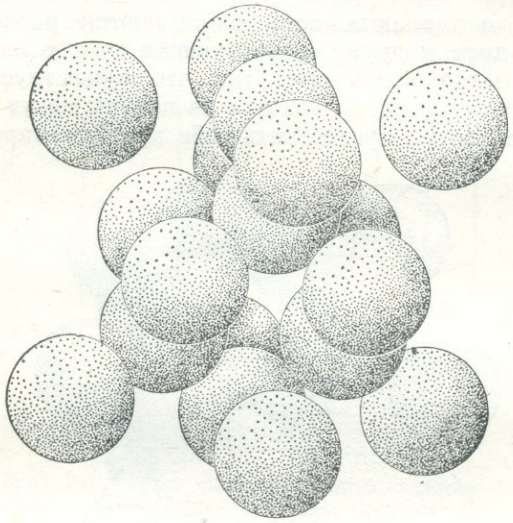


Рис. 40. Характер упаковки атомов в структуре алмаза.
Атомы, показанные на рисунке в стороне, на самом деле входят в непрерывную структуру и соприкасаются с другими атомами.

причем изменение электростатического заряда компенсируется перемещениями в других частях структуры; например, в плагиоклазах ионы Ca^{2+} часто замещают некоторые из ионов Na^{1+}. Представление о замещениях ионов, сходных по размеру, помогает понять, почему многие минералы «заражены» небольшими примесями чуждых элементов.

Изображение структуры в виде упаковки сфер может быть полезным, даже если в структуре действуют неионные связи: половину расстояния между центрами одинаковых атомов во многих симметричных структурах с гомеополярной или металлической связью можно считать радиусом соответствующих атомов. На рис. 40 показан характер упаковки в структуре алмаза, изображенной таким способом.

3. Структура и физические свойства

Многие из физических свойств драгоценных камней непосредственно связаны с атомной структурой и характером действующих в ней связей. Слабые связи делают вещество мягким, а твердость многих драгоценных камней обусловлена преобладанием прочных ионных связей. Еще большую твердость может дать гомеополярная связь, хороший пример которой мы видим в алмазе. Спайность обычно оказывается параллельной тем плоскостям в структуре, в которых атомы группируются наиболее тесно; следовательно, направление спайности перпендикулярно направлению наибольшего разделения соседних атомов. Если в структуре имеется два или больше типов связей, то спайность развивается поперек наиболее слабых связей; мягкость и совершенная спайность графита, химически идентичного алмазу, обусловлены слабостью остаточных связей между слоями атомов углерода, внутри же этих слоев связи прочные и тесные.

Оптические свойства также связаны со структурой. Показатель преломления алмаза и сфалерита высок вследствие гомеополярного характера всех действующих в них связей. Структура определяет симметрию оптических свойств; например, присутствие в структуре параллельных плоских групп атомов (листоватость) приводит, как правило, к резкой анизотропии, когда оптические и другие физические свойства сильно меняются в кристалле в зависимости от направления.

3
Отражение, преломление и дисперсия света

Поскольку камень, пригодный для целей украшения, должен привлекать к себе взгляды, наиболее важны с этой точки зрения его оптические свойства. В самом деле, все искусство огранки драгоценных камней состоит в том, чтобы придать камню такую форму, при которой наилучшим образом проявятся именно эти свойства. Чтобы понять, почему камням придается определенная огранка, важно установить, что происходит с лучом света, попадающим на поверхность камня. При этом мы обнаружим, что действие камня на луч света приводит к результатам, играющим важную роль в отделении одних видов драгоценных камней, особенно граненых, от других.

Поведение светового луча, наталкивающегося на поверхность, разделяющую какие-либо две среды, одинаково вне зависимости от природы этих сред. Повседневный опыт обращения с зеркалом показывает, что луч света возвращается, или, как обычно говорят, отражается от плоской и гладкой поверхности, причем кажущиеся размеры предметов, наблюдаемых в отраженном виде, не меняются, но правая и левая стороны меняются местами; говорят, что предмет и его зеркальное отображение энантиоморфны. Если использовать второе плоское зеркало и наблюдать в нем отражение от первого зеркала, то второе отражение не отличается от предмета, хотя мы и не можем разместить глаза на втором отражении на одной линии со своими собственными. Мы видим, что наше отражение в плоском зеркале кажется расположенным как раз на таком расстоянии позади этого зеркала, на каком мы находимся перед ним.

На рис. 41 линия MM' показывает профиль плоского зеркала, O' — отражение в зеркале руки O. Луч от O попадает в глаз E от точки m на поверхности зеркала, но кажется, что этот луч идет от O'. Поскольку линия OO' перпендикулярна зеркалу, а точки O и O' одинаково удалены от него, из элементарной геометрии следует, что угол i', образуемый отраженным лучом с линией mn, нормальной к зеркалу, равен углу i между падающим лучом и той же линией.

Кроме того, повседневный опыт учит нас, что дело обстоит не так просто, если луч света пересекает поверхность, разделяющую две среды, и переходит из первой среды во вторую. Так,

если мы посмотрим в бассейн с водой, то дно бассейна покажется нам ближе, чем на самом деле, а если мы погрузим в воду под некоторым углом палку, то она покажется нам согнутой у поверхности воды. Поскольку сама палка при этом не сгибается, ясно, что направление светового луча испытывает какое-то изменение, когда он входит в воду и выходит из нее. Прохождение

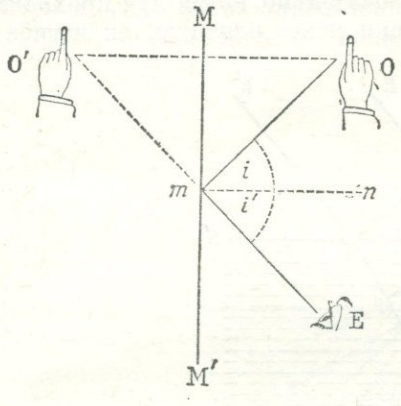


Рис. 41. Отражение в плоском зеркале.

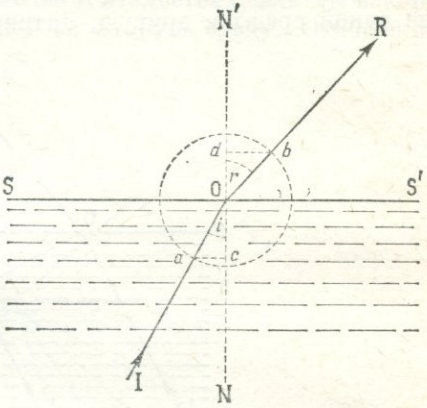


Рис. 42. Преломление на плоской поверхности.

луча света из одной среды в другую изучал в начале XVI в. Снеллиус [1]. Он вывел следующие законы преломления света:

1. Преломленный луч лежит в плоскости, содержащей падающий луч и нормаль к плоской поверхности, разделяющей две среды. (Заметим, что этот закон справедлив и для отраженного луча.)

2. Угол r, образуемый преломленным лучом с нормалью, связан с углом i, образуемым падающим лучом с тем же направлением, следующим уравнением:

$$n \sin i = n' \sin r, \qquad (1)$$

где n и n' — константы двух сред, называемые показателями преломления.

Приведенное простое тригонометрическое соотношение можно выразить геометрически. Предположим, что мы рассматриваем плоское сечение SOS' (рис. 42), которое располагается под прямым углом к поверхности, разделяющей две среды, и содержит

[1] Виллеброрд Снеллиус ван Ройен (Willebrord Snell van Roijen, 1591—1626). Законы преломления были впервые опубликованы Декартом (René du Perron Descartes, 1596—1650) как его собственные уже после смерти Снеллиуса, но первооткрывателем их, несомненно, был Снеллиус.

падающий луч IO. Согласно первому закону Снеллиуса, преломленный луч OR также находится в этой плоскости. Проведем нормаль и опишем из центра O окружность произвольного радиуса, которая пересечет падающий луч в точке a, а преломленный — в точке b; опустим из этих точек перпендикуляры на нормаль NON': ac и bd. Тогда мы получим: $n \cdot ac = n' \cdot bd$, откуда видно, что при $n > n'$ $ac < bd$ и, следовательно, когда луч проходит из одной среды в другую, оптически менее плотную, он изгиба-

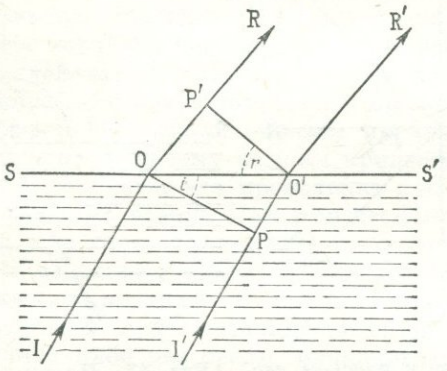


Рис. 43. Переход световой волны из одной среды в другую.

ется, т. е. преломляется, переходя через границу, и удаляется от нормали.

В дальнейшем мы увидим, что для того, чтобы понять сложность прохождения света в двупреломляющем кристалле, лучше всего вспомнить, что свет представляет собой волновое движение, и к этому простому случаю прохождения света из одной среды в другую вполне уместно применить волновую теорию. На рис. 43 показано сечение $SOO'S'$, располагающееся под прямым углом к плоскости, разделяющей две среды; IO, $I'O'$ — падающая волна, OR, $O'R'$ — преломленная волна; OP и $O'P'$, проведенные перпендикулярно $I'O'$ и OR соответственно, показывают положение волнового фронта, когда он достигает границы в точке O и покидает первую среду в точке O'. Если, как и раньше, нижняя среда на рис. 43 оптически более плотная, скорость v световой волны в этой среде меньше, чем скорость v' в другой среде (эта скорость обратно пропорциональна показателю преломления), и поэтому отрезок PO', пропорциональный v, меньше отрезка OP', пропорционального v'. Углы POO' и $P'O'O$ — это углы i и r, т. е. угол падения и угол преломления. Поскольку OO' — общая сторона двух треугольников — POO' и $P'OO'$, а углы при вершинах P

и P' — прямые, мы имеем: $v/\sin i = v'/\sin r$, или, что то же самое, $n \sin i = n' \sin r$.

Когда свет падает на поверхность между двумя средами описанным выше образом, часть световых лучей, как было показано, преломляется, проходя во вторую среду; необходимо отметить, однако, что по крайней мере часть их отражается и остается в первой среде, а при определенных обстоятельствах, как мы вскоре увидим, свет вообще не попадает во вторую среду. Отношение

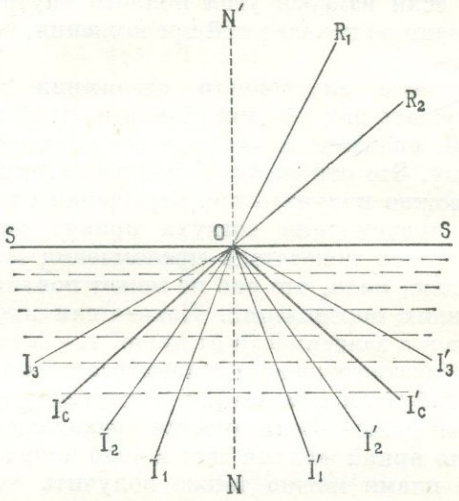


Рис. 44. Полное внутреннее отражение.

между количествами отраженного и преломленного света тесно связано с величиной угла падения и показателями преломления двух сред. Мы вернемся к этому вопросу, когда будем рассматривать вопрос о блеске камней.

Обратимся теперь к пути лучей при различных углах падения, когда свет проходит из одной среды в другую, например из воды в воздух. В случае малого угла падения, как у луча I_1O (рис. 44), часть лучей отражается в направлении OI'_1 и остается в первой среде, а остальные преломляются в направлении OR_1 и уходят во вторую среду. Такая же картина наблюдается и для луча I_2O: часть света отражается вдоль линии OI'_2, а остальные преломляются и идут по линии OR_2. Поскольку в данном случае свет переходит в среду оптически менее плотную, т. е. имеющую более низкий показатель преломления, угол преломления будет больше угла падения. Следовательно, определенному лучу I_cO соответствует преломленный луч, скользящий вдоль граничной плоскости. Для лучей, таких, как I_3O, имеющих больший угол

падения, соответствующих лучей во второй среде уже нет, или, иными словами, луч полностью отражается в более плотной среде. Предельный угол I_cON, называемый углом полного внутреннего отражения, связан очень простой зависимостью с показателями преломления двух сред; поскольку угол r в этом случае прямой, то $\sin r = 1$, и уравнение (1) принимает вид

$$n \sin i = n'. \qquad (2)$$

Следовательно, если измерен угол полного внутреннего отражения и известен один из показателей преломления, то другой можно легко рассчитать.

Явление полного внутреннего отражения можно хорошо понять, если держать над головой стакан воды и смотреть на свет лампы, стоящей, скажем, на столе и отражающейся от поверхности воды снизу. Это отражение будет несравнимо более ярким, чем то, какое можно получить при отражении от воды сверху.

Показатель преломления воздуха принят равным единице; строго говоря, таков показатель преломления для вакуума, но различие настолько мало, что оно не может повлиять на точность даже очень тонких определений. Показатели преломления всех веществ меняются в зависимости от цвета, т. е. от длины световой волны, поэтому обычно в качестве стандарта используется желтый свет, испускаемый пламенем натрия [1]; к этому цвету наши глаза наиболее чувствительны. Если имеется подходящее электрическое оборудование, то яркий желтый свет можно получить от натровой лампы; желтое пламя можно также получить путем испарения крупинки соды или соли в пламени лабораторной газовой горелки (горелки Бунзена).

Беглый взгляд на список показателей преломления драгоценных камней, приведенный в части IV, показывает, что измерение этих показателей служит мощным средством определения того, к какому виду относится данный граненый камень. Как лучше всего выполнить это измерение, рассказывается в следующей главе. Хотя показатель преломления считается физической константой, он может меняться в весьма широких пределах для разных образцов одного и того же минерального вида благодаря широте химического состава, обусловленной изоморфным замещением одного элемента другим без существенного изменения кристаллической структуры. Некоторые колебания показателя преломления можно обнаружить даже в одном и том же камне при измерениях в разных направлениях; это происходит вслед-

[1] Спектр натрия содержит яркий дублет (5896, 5890 Å) в желтой части. В солнечном спектре выделяются две соответствующие черные линии D_1 и D_2 — линии поглощения натрия. (Если читатель не знаком с используемыми здесь обозначениями, он может найти разъяснение на стр. 101.)

ствие замечательного свойства, которым обладают все кристаллические вещества, не относящиеся к высшей (кубической) сингонии,— свойства расщеплять падающий луч света на два луча. Это явление двойного лучепреломления, или двупреломления, обсуждается в одной из последующих глав.

С различной величиной показателя преломления вещества для света разного цвета связаны такие знакомые явления, как радуга и сияние алмаза. Когда дневной свет попадает внутрь камня, он становится не белым, а разлагается в спектр. За исключением

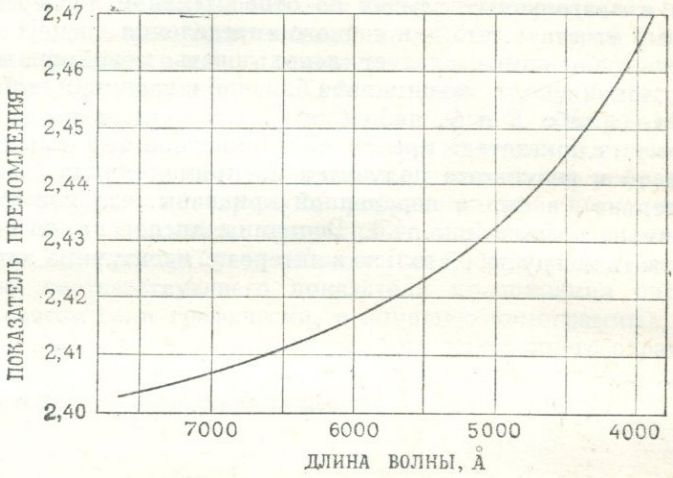


Рис. 45. Дисперсия алмаза (зависимость показателя преломления от длины световой волны).

ряда аномальных веществ, которых, кстати, нет среди драгоценных камней, показатель преломления последовательно возрастает при уменьшении длины световой волны, вследствие чего в обычном спектре один конец фиолетовый; дальше идут цвета синий, зеленый, желтый, оранжевый и на другом конце — красный. Угловая ширина спектра, которую можно измерить по разности показателей преломления для крайних частей спектра — фиолетовой и красной, также различная, хотя в целом она возрастает с увеличением показателя преломления. Это как раз та дисперсия света, которая вызывает сияние, световую игру — важнейшее свойство бесцветных прозрачных драгоценных камней, без которого эти камни не привлекали бы такого внимания. В этом отношении алмаз превосходит все природные бесцветные камни, хотя к нему близок циркон, окраска которого исчезает при нагревании; однако еще сильнее дисперсия света в почти бесцветном искусственном рутиле, синтетическом титанате стронция и в трех окрашенных

минералах: демантоиде (зеленом гранате), сфене и сильнее всего в касситерите.

Величины дисперсии света для важнейших драгоценных камней приведены в части IV. В качестве стандарта в этой книге использованы линии *B* (6870 Å) и *G* (4308 Å), расположенные вблизи красного и фиолетового концов видимой части спектра соответственно, но в таблице добавлены величины дисперсии для более узкого интервала: от *C* (6563 Å) до *F* (4861 Å), применяемого в случае оптических стекол; тем самым облегчается сравнение стекол и драгоценных камней по относительной дисперсии. Необходимо отметить, что для точного определения дисперсии света в каком-либо камне следует использовать монохроматический свет с длиной волны, максимально близкой к границам выбранного интервала: либо *B* и *G*, либо *C* и *F*. Если составить диаграмму зависимости показателя преломления минерала от длины световой волны, то в результате получится не прямая линия (даже приблизительно), а линия переменной кривизны, что можно видеть на примере алмаза (рис. 45). Величины дисперсии имеет смысл сравнивать между собой только в интервале идентичных длин волн.

4
Измерение показателей преломления

Существует несколько методов измерения показателей преломления. Чаще всего применяется метод, основанный на очень простой зависимости между отношением показателей преломления двух контактирующих сред и углом полного внутреннего отражения; использование этого метода ограничено, однако, тем диапазоном, который определен показателем преломления постоянной среды. Соответствующие инструменты называются рефрактометрами. Некоторые конструкции рефрактометров позволяют непосредственно считывать значения показателей преломления. В других измеряется угол полного внутреннего отражения, а величина соответствующего показателя преломления определяется расчетом (или графически, с помощью номограммы). Кроме методов, основанных на законе полного внутреннего отражения, в этой главе описываются и некоторые другие приемы, причем отмечаются их особые преимущества и недостатки.

а. Полное внутреннее отражение

1. Рефрактометр

Уравнение (2), связывающее угол полного внутреннего отражения с показателями преломления двух соприкасающихся сред, позволяет сделать вывод, что если показатель преломления более плотной среды является постоянной величиной, то показатели преломления всех менее плотных сред можно легко рассчитать, определив соответствующие углы. В рефрактометрах в качестве постоянной среды обычно применяется стекло с высоким показателем преломления, а для специальных целей — какой-либо изотропный минерал, например сфалерит или даже алмаз, имеющие еще более высокий показатель преломления. Существует, однако, одно затруднение, связанное с тем, что инструмент такого рода не может применяться в случае минералов, показатели преломления которых ниже, чем у жидкости, создающей оптический контакт между исследуемым минералом и постоянным веществом. Кроме того, еще не создана жидкость, которая имела бы такой высокий показатель преломления, чтобы ее можно было исполь-

зовать в широком диапазоне и чтобы она была свободна от серьезных недостатков, препятствующих ее применению.

Поскольку все рефрактометры основаны на одном и том же принципе, с исторической точки зрения интересно рассмотреть прибор, разработанный автором в 1906 г.; этот прибор впервые

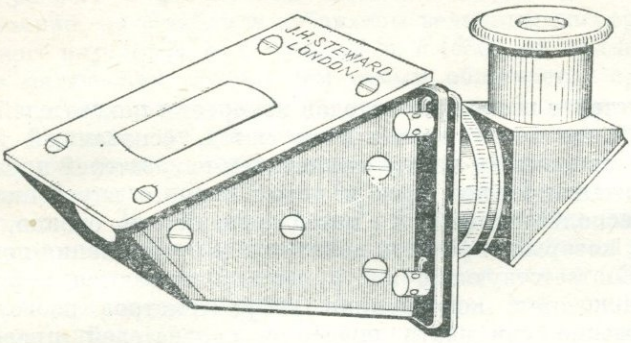


Рис. 46. Рефрактометр Смита (в натуральную величину).

позволил проводить точные измерения показателей преломления граненых драгоценных камней (рис. 46). Чтобы облегчить наблюдения, между двумя линзами окуляра вставляется полностью отражающая призма. Окуляр можно отрегулировать, приспособив к зрению наблюдателя; для сильно дальнозорких придается спе-

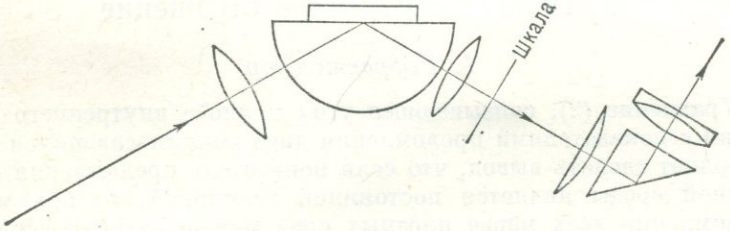


Рис. 47. Оптическая схема рефрактометра.

циальная приставка, позволяющая выдвигать окуляр на требуемое расстояние. Рефрактометр надо держать так, чтобы свет из окна или от другого источника попадал внутрь прибора через расположенную внизу линзу (рис. 47). Хорошее, ровное освещение поля можно обеспечить очень просто, направляя в прибор свет, отраженный от листа белой бумаги, лежащего на столе. Смотря в окуляр, мы видим шкалу (рис. 48), причем окуляр можно при необходимости фокусировать, чтобы деления шкалы были видны отчетливо.

Смажем слегка плоскую поверхность плотного стекла, которое чуть-чуть выдается над уровнем охватывающей его латунной пластинки, вазелином или другим жировым веществом. Теперь поле зрения освещено не равномерно, а делится на две части (рис. 49): вверху располагается относительно темная область,

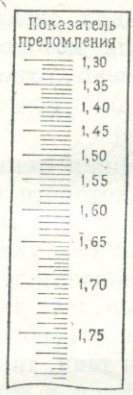


Рис. 48. Шкала рефрактометра Смита.

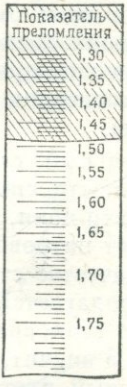


Рис. 49. Тень, даваемая изотропным веществом.

освещенная частично отраженным светом и имеющая закругленный край зеленого цвета, а внизу — ярко освещенная область, куда попадает свет, претерпевший полное внутреннее отражение. Если мы наклоним прибор так, чтобы свет входил в него сверху

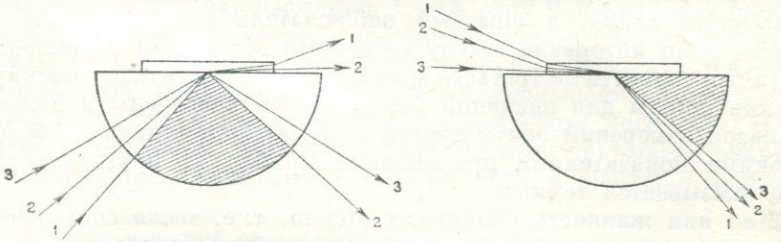


Рис. 50. Возникновение тени при освещении рефрактометра сверху и снизу.

через вазелин, то светлая и темная области в поле зрения поменяются местами (рис. 50): темная область будет внизу, и край ее будет красного цвета. Можно так направить свет, что обе области будут освещены одинаково и их граница станет почти невидимой. Поэтому для лучшего эффекта надо свободной рукой закрыть пластинку и стекло от света, падающего сверху. Край тени в данном приборе искривлен, и это действительно дуга не-

которого круга. Кривизна обусловлена оптической схемой прибора; в некоторых рефрактометрах край тени — прямолинейный. Тень окрашена, потому что относительная дисперсия в вазелине $\frac{n_v - n_r}{n}$ (n_v и n_r — показатели преломления для крайних фиолетового и красного лучей соответственно) отличается от дисперсии в плотном стекле. Дисперсия стекла очень высока: она превышает дисперсию любого камня, для которого может применяться этот прибор. Некоторые масла имеют, однако, почти такую же дисперсию, и соответствующая им тень поэтому почти не окрашена.

Внимательный глаз заметит, что окрашенная тень — это в действительности спектр, фиолетовый конец которого находится в темной части поля, а красный конец выдается в светлую область. Желтый цвет натрового пламени, который, как уже указывалось, принят в качестве стандарта для измерения показателей преломления, располагается между зеленым и красным, и та часть спектра, которая становится заметной, оказывается у основания зеленого цвета, а значит, практически у основания тени, так как желтый и красный цвета почти полностью теряются в ярком освещении нижней части поля. Если в качестве источника света используется натровое пламя, край тени становится резко очерченной линией. Шкала построена и градуирована так, что там, где эта линия пересекает ее, можно прочитать значение соответствующего показателя преломления; поскольку линия кривая, отсчет надо брать в середине поля на правой стороне шкалы. Таким образом, рефрактометр сразу же, без всяких промежуточных вычислений, дает значение показателя преломления с точностью до второго десятичного знака, а опытный наблюдатель может оценить и десятые доли интервала между соседними делениями и добиться тем самым точности до третьего знака; чтобы упростить эту оценку, деления шкалы для значений больше 1,650 разделены пополам. Диапазон измерений почти достигает 1,800; для веществ с более высокими показателями преломления прибор не пригоден: все поле оказывается темным.

Жир или жидкость смачивают стекло, т. е. тесно соприкасаются с ним; если испытывать тем же способом твердое вещество, такое, как граненый камень (рис. 51), то между камнем и стеклом окажется слой воздуха, который не позволит выполнить наблюдение. Чтобы этого не было, на плоскую поверхность стекла рефрактометра помещают немного жидкости, преломляющей сильнее, чем испытуемое вещество. Как правило, лучше всего для этой цели подходит иодистый метилен CH_2I_2, который в чистом виде имеет при комнатной температуре показатель преломления 1,742. Свежий, он почти бесцветен, но на свету становится бурым. Его можно, если требуется, обесцветить (способом, описанным ниже),

но на деле пленка жидкости настолько тонкая, что такие предосторожности обычно не нужны. Если испытывать образец обычного стекла — для этого очень подходят стекла, используемые микроаналитиками для покрытия тонких срезов (шлифов),— предварительно нанеся на плоскую поверхность плотного стекла рефрактометра каплю иодистого метилена, то мы увидим цветную тень, соответствующую светопреломлению стекла, около значения 1,530 и еще одну, почти бесцветную,— у значения 1,742, соответствующего жидкости. Если испытуемое твердое вещество пре-

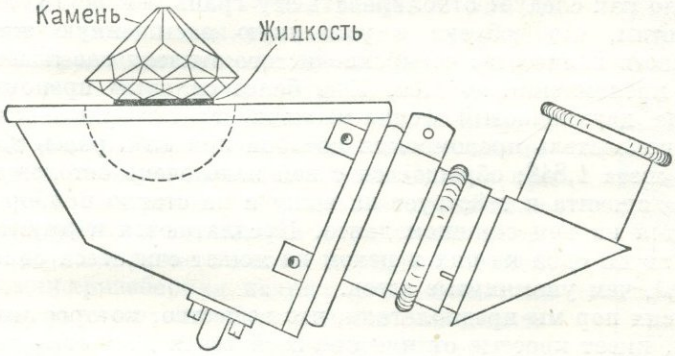


Рис. 51. Граненый камень на рефрактометре Смита.

ломляет свет сильнее, чем иодистый метилен, видна только вторая тень и мы должны использовать какую-то более преломляющую жидкость. Можно, однако, повысить показатель преломления иодистого метилена, растворив в нем серу [1]; показатель преломления горячей жидкости, насыщенной серой, составляет около 1,800, но при охлаждении, когда выкристаллизовывается избыточная сера, показатель преломления уменьшается примерно до 1,785 [2]. Чистая и насыщенная серой жидкости могут комплектоваться с прибором; бутылочки с жидкостями покрывают снаружи черным лаком, чтобы защитить их от света, и снабжают пробками

[1] Чтобы иодистый метилен мог поглотить достаточное количество серы, его нагревают почти до кипения. Однако при этом следует проявлять осторожность и не давать жидкости закипеть и воспламениться: образующийся дым очень вреден. Рекомендуется проверить прямым наблюдением, достаточно ли велико преломление, чтобы в поле зрения рефрактометра не было видно никакой тени или по крайней мере чтобы эта тень располагалась у границы поля зрения, соответствующей наиболее высоким значениям преломления.

[2] Существуют жидкости, состоящие из иодистого метилена, в котором растворены иодиды металлов или фосфор. Эти жидкости имеют светопреломление до 2,06, но они ядовиты и огнеопасны. Поэтому использовать их можно только в специальных лабораториях и с большой осторожностью.— *Прим. ред.*

с капельницей, с помощью которых нужная капелька жидкости легко переносится на поверхность стекла прибора. Пока жидкость преломляет сильнее, чем камень, точное значение показателя преломления жидкости не имеет значения, каким бы ни было это испытуемое твердое вещество. Для того чтобы можно было получить хороший результат, грань, используемая для измерения, должна быть плоской и ее следует помещать на стекло без нажима, так чтобы она была действительно параллельна плоской поверхности стекла; более того, чтобы получить хороший результат, надо как следует отполировать эту грань.

Заметим, что добавка в указанную насыщенную жидкость небольшого количества четырехиодистого этилена повышает показатель преломления до 1,81. Еще более сильным преломлением обладает двухиодистый фенил-мышьяк, светло-оранжевая жидкость, показатель преломления которой при 15°С равен для натрового света 1,848; обращаться с ней надо очень осторожно, так как она ядовита и действует на кожу и на стекло прибора, если находится на нем слишком долго. Предлагаются и другие жидкости, но ни одна из них в целом не может считаться более подходящей, чем упомянутые здесь.

До сих пор мы предполагали, что вещество, которое мы испытываем, имеет простые оптические свойства и дает одну тень, но многие драгоценные камни обладают двупреломлением, а такие вещества дают в поле рефрактометра в общем случае две четко различимые тени, разделенные более или менее значительным интервалом. Предположим, например, что мы изучаем эффект, производимый оливином (хризолитом), в котором двупреломление проявляется в заметной степени. Если мы будем поворачивать камень так, чтобы наблюдаемая нами грань оставалась параллельной плоскости стекла рефрактометра, мы заметим, что обе тени в общем случае будут двигаться по шкале вверх и вниз. В некоторых случаях, зависящих от положения выбранной грани по отношению к элементам симметрии кристалла, одна тень или обе тени могут оставаться на месте или одна тень может даже пересекать другую. Но какую бы грань мы ни выбрали для испытания и сколь бы ни были изменчивы движения тени, высшее и низшее значения отсчетов остаются одними и теми же; это и есть главные показатели наибольшего и наименьшего преломления, а их разность определяет максимальную величину двупреломления, присущую данному камню. Объяснение этому явлению дается ниже. Процедура измерения проста: нам надо только поворачивать камень на приборе, обычно не больше, чем на прямой угол, и записывать наибольший и наименьший отсчеты. Отметим, что тени пересекают шкалу в одном и том же месте в некоторых предельных положениях и расходятся во всех остальных, промежуточных.

На рис. 52 показан случай, когда грань повернута так, что мы одновременно видим два требуемых отсчета. Белые края тени соответствуют наименьшему *(a)* и наибольшему *(b)* значениям главного показателя преломления, а третья тень, которая едва заметна, соответствует показателю преломления используемой жидкости — иодистого метилена. Как мы увидим в одной из последующих глав, по движению теней (если это движение отмечается) можно узнать кое-что о характере двупреломления в данном кристалле. Поскольку, однако, при освещении белым светом тени — это спектры, они не будут четко разделяться, если только двупреломление не превышает дисперсию. Например, топаз в белом свете дает только одну тень, и, таким образом, его легко отличить от турмалина, у которого двупреломление обычно достаточно велико и две тени различаются четко. Однако при измерениях в натровом свете не возникает никаких затруднений в выделении двух теней, даваемых веществами даже с малым двупреломлением, такими, как хризоберилл, кварц и топаз, а опытный наблюдатель может без труда увидеть различие теней и в крайних случаях: при испытании апатита, идократа (везувиана) и берилла. Тень, соответствующая большему показателю преломления, всегда видна хуже, потому что она находится в области яркого поля. Если камень или его исследуемая грань малы, то камень надо передвинуть по плоскости стекла прибора так, чтобы добиться максимально четкой тени или двух теней. Если камень передвигать от дальнего конца прибора к наблюдателю, то по шкале сначала опускается неясная тень, а когда камень займет нужное положение, в поле зрения появятся четкие тени.

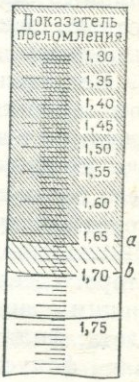


Рис. 52. Тень от двупреломляющего вещества.

Можно использовать любую грань камня, если она плоская, но удобнее всего верхняя грань — табличка, потому что она обычно самая крупная и наиболее доступная, если камень вставлен в оправу. Одним из больших преимуществ этого метода является как раз то, что камень не надо вынимать из оправы. Чем меньше камень, тем труднее с ним обращаться. Особенно надо следить за тем, чтобы камень не наклонился, не только потому, что тень тогда сместится с правильного положения и будет получено ошибочное значение показателя преломления, но и потому, что угол или ребро камня поцарапают стекло прибора: твердость свинцового стекла прибора гораздо ниже, чем твердость драгоценных камней. Иодистый метилен при долгом использовании повреждает и загрязняет стекло, поэтому жидкость надо сразу же после измерений удалять с его поверхности.

В сомнительных случаях имеет смысл обратить внимание на то, какой эффект возникает при освещении камня сверху, а не снизу. Как отмечалось выше, области тени и света при этом меняются местами и вместо темной области с зеленоватым краем в верхней части шкалы мы видим тень в нижней части шкалы, а край тени будет красноватым, но в обоих случаях положение желтой части спектра в тени остается одним и тем же. В самом деле, если тени при этом не совпадают, это значит, что допущена какая-то ошибка; например, первая тень может быть образована гранью, наклоненной под небольшим углом к той, для которой выполняется измерение.

Изготавливаются и другие рефрактометры, основанные на том же принципе. В рефрактометре Рейнера, выпущенном в 1935 г., плотное стекло имеет призматическую форму, которая характерна для приборов, предназначенных для изучения жидкостей, и из него выходит параллельный пучок света, который можно собрать короткофокусным телескопическим устройством обычного вида. Шкала, имеющая диапазон от 1,30 до 1,80, разбита на деления до второго десятичного знака. Отверстие прибора закрывается скользящим оранжевым фильтром, уменьшающим дисперсию входящего света; фильтр не нужен, если используется натровый свет. Окуляр фокусируется путем вращения; поляризующая насадка облегчает наблюдение в случае двупреломляющих камней. Поскольку стекло прибора закреплено, для измерения наименьшего и наибольшего показателей преломления необходимо поворачивать камень; делать это надо осторожно, чтобы не поцарапать стекло.

В модели, в которой вместо плотного стекла используется призма из сфалерита, верхний предел диапазона измерений сдвинут до значения 2,00; такого же эффекта можно добиться, используя стекло не с PbO, а с TeO_2. Применение алмаза вместо сфалерита существенно не повышает верхний предел измерений, но дает то преимущество, что мы можем получить хорошо отполированную поверхность такой твердости, что она не будет изнашиваться [1]. В более поздней модели используется призма из бесцветной искусственной шпинели. Диапазон измерений ограничен значением 1,65, но кроме большей, чем у свинцового стекла, твердости, шпинель дает значительно меньшую дисперсию света: она лишь немного выше, чем у большинства драгоценных камней, попадающих в диапазон этого прибора. Следовательно, при освещении белым светом края тени не окрашены, а видны четко, так что легко можно сделать точные отсчеты, не прибегая к монохроматическому свету.

---

[1] *B. W. Anderson, C. J. Payne, J. Pike*, Mineralogical Magazine, 1940, vol. XXV, p. 579—583.

В новой модели «Викерс М14а» (фото 1) тень видна на простом экране. Индекс на скользящей ленте совмещается с краем тени поворотом градуированного барабана, с которого и считываются значения показателя преломления.

Показатель преломления на кривых поверхностях. Описанная выше процедура измерений требует, чтобы на испытуемом камне была отполированная плоская грань. До недавнего времени считалось, что наличие такой грани является непременным условием успешного применения рефрактометра, но методика, разработанная в Америке Бенсоном, позволяет проводить измерения на кривой поверхности, в том числе и на отполированном кабошоне.

Небольшое пятнышко жидкости помещают между искривленной поверхностью и стеклом рефрактометра, так чтобы жидкость захватывала область их соприкосновения. Вместо того чтобы приближать глаз к окуляру, наблюдатель располагается в 30—40 см от окуляра по оптической оси прибора. В этом случае «пятно контакта» кажется небольшим кружком. Если смотреть на нижнюю часть шкалы показателей преломления, это пятно оказывается темным, но если теперь слегка приподнять голову, чтобы пятно переместилось в область более высоких отсчетов, возникает полное внутреннее отражение и пятно становится светлым. В предельном положении пятно рассекается горизонтальной границей пополам: верхняя половина оказывается темной, а нижняя — светлой. Чтобы теперь сделать отсчет по шкале, держа голову на расстоянии от окуляра, надо перефокусировать глаз; насколько легко это сделать, зависит от индивидуальных способностей наблюдателя. Небольшая близорукость при этом лучше, чем дальнозоркость, так что люди, носящие очки, имеют здесь преимущество.

Отсчеты, получаемые способом такого «точечного контакта», или «наблюдения с расстояния», не так надежны, как результаты «правильных» измерений на плоских поверхностях, но они открывают новую область практического использования рефрактометра; таким же способом производят измерения не только на поверхностях кабошонов, но и на мельчайших гранях камней настолько малого размера, что обычный способ для них не пригоден.

2. Рефрактометры для измерения угла полного внутреннего отражения

Приборы для определения показателей преломления путем измерения предельного угла полного внутреннего отражения состоят в основном из крупной полусферы, изготовленной из тяжелого высокопреломляющего стекла и укрепленной на поворотной вертикальной оси, и зрительной трубы, вращающейся вокруг горизонтальной оси, проходящей точно через центр полусферы. (В первом таком рефрактометре, изобретенном в 1886 г. Карлом Пульфри-

хом, стекло имело цилиндрическую форму; полусферическое стекло было впервые использовано Эрнстом Аббе в 1890 г.)

В обычных рефрактометрах этого типа стержень, несущий полусферу, может вращаться вокруг своей вертикальной оси, а шкала дает отсчеты в градусах дуги. Зрительная труба для удобства наблюдений изогнута под прямым углом; свет отражается в призме, к трубе жестко прикреплен градуированный круг с делениями до половины градуса, и с помощью верньеров отсчеты можно брать с точностью до минуты. Круг градуирован так, что отсчеты угла полного внутреннего отражения можно делать как на левой, так и на правой стороне прибора; поскольку отсчеты должны быть идентичными, наблюдатель может этим способом проверить результаты измерений и исправить ошибку на возможное смещение точки нуля. Зрительная труба снабжена набором сменных объективов и окуляров с различным увеличением; имеется обычно и третья линза, позволяющая видеть камень или кристалл на плоской поверхности полусферы. В фокальной плоскости трубы могут быть помещены поворотные диски с отверстиями разного диаметра, расположенными эксцентрично по отношению к оптической оси, чтобы ограничить поле зрения любой нужной частью камня или кристалла. Для облегчения измерений дисперсии или малого двупреломления к круговой шкале добавлен микрометренный винт с барабаном и индексом.

В экспериментальном приборе, описание которого было опубликовано в 1948 г. [1], использована полусфера из синтетического рутила, в результате чего диапазон измерений расширен примерно до 2,6.

б. Иммерсионный метод. Эффект Бекке

Прозрачный предмет можно обнаружить глазом только потому, что он отличается по преломлению света или по цвету от окружающей среды, и чем больше различие в преломлении, тем лучше виден этот предмет. Бесцветный камень, помещенный в бесцветную жидкость с точно таким же, как у камня, показателем преломления, совершенно невидим. На этом принципе основан *иммерсионный метод* определения показателей преломления. Он особенно подходит для исследования таких материалов, как округлые бусинки, мелкие драгоценные камни или крошка природных или обработанных кусков бирюзы или нефрита (или их имитаций), которые нельзя исследовать на рефрактометре. Изучаемый материал последовательно погружают в жидкости до тех пор, пока

[1] *A. H. Pfund*, Journal of the Optical Society of America, vol. 39, p. 966—969.

не будет найдена жидкость с таким же показателем преломления; каплю такой жидкости затем помещают на рефрактометр и измеряют ее показатель преломления.

Чаще всего этот метод используется в комбинации с микроскопическим исследованием. Очень мелкие обломки можно поместить на обычное предметное стекло микроскопа. Лучше всего положить несколько кусочков на *сухое* стекло и прикрыть их *сухим* же покровным стеклом, а затем нанести каплю жидкости у торца этого стекла. Жидкость просочится под покровное стекло и окружит

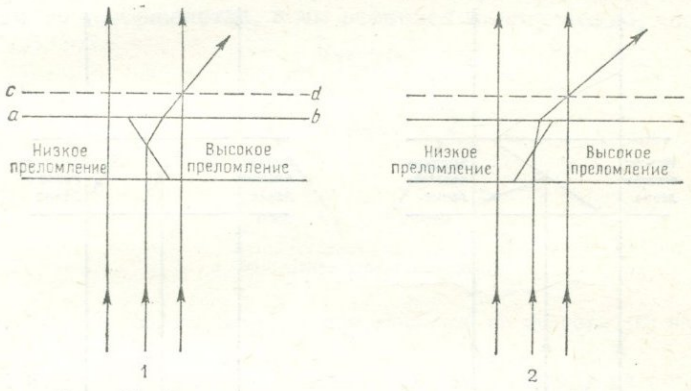


Рис. 53. Диаграммы, поясняющие эффект Бекке.

кусочки, не смещая их и не сдвигая в один комок. Такие мелкие обломки не имеет смысла помещать потом в следующую жидкость, поэтому необходимо иметь достаточное количество материала для ряда последовательных испытаний. Для более крупных кусочков требуется стекло с углублениями; еще более крупный материал, например небольшие граненые камни, помещают в иммерсионную ячейку и ничем не прикрывают.

Величина разности между преломляющей способностью жидкости и погруженного в нее твердого вещества определяет «рельеф» этого вещества: четкость очертаний, поверхностных неровностей и т. д. Если эта разность значительна, то виден темный контур и хорошо заметны все неровности; наблюдатель как бы смотрит на предмет, а не *сквозь* него. Если же показатели преломления отличаются мало, то видна только тонкая темная граница, гораздо менее четкая, а характер поверхности почти неразличим. Однако это «исчезновение» предмета, очевидно, нельзя считать удовлетворительным критерием точного соответствия показателей преломления; такое соответствие устанавливается с помощью явления, впервые замеченного Бекке. Когда луч света падает на границу двух сред с разными показателями преломления (рис. 53), он от-

клоняется в сторону среды с бóльшим показателем преломления. Как показано на обеих диаграммах рис. 53, это происходит независимо от направления наклона этой границы [1]. Когда фокус микроскопа наведен точно на поверхность исследуемой среды (*ab*, рис. 53), граница обнаруживается в виде темной линии, поскольку она отклоняет падающий на нее свет. Поднимая трубу микроскопа и смещая тем самым фокус вверх (*cd*, рис. 53), мы увидим линию повышенной яркости (полоску Бекке.— *Перев.*), проходящую в том месте, где отклоненные лучи усиливают соседние прямые лучи;

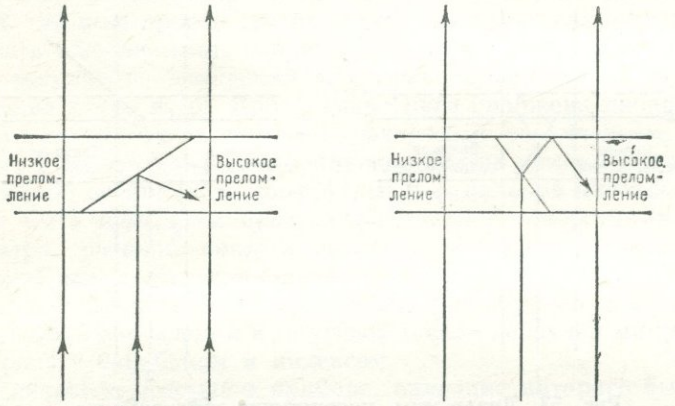


Рис. 54. Полное отражение от наклонной границы.

если поднимать фокус еще выше, то можно видеть, что светлая полоска сдвигается горизонтально в сторону среды с более высоким показателем преломления. Запомнить это предельно просто: если окуляр микроскопа поднимают *вверх*, то светлая полоска смещается к более *высокому* показателю преломления. Можно проверить себя, опуская окуляр микроскопа *ниже* положения фокуса: в этом случае светлая полоска сместится в сторону среды с более *низким* показателем преломления. Если разность показателей преломления окажется очень большой, то свет, падающий на границу раздела двух сред, может отразиться полностью (рис. 54) и сверху будет видна широкая и совершенно черная граница. В таких условиях наблюдать эффект Бекке трудно, и надо сразу же испытать иммерсионную жидкость с резко отличающимся показателем преломления. Поскольку дисперсия света в большинстве используемых иммерсионных жидкостей выше, чем в большинстве твердых ве-

[1] Приводимое объяснение эффекта очень неточно. В действительности полоска Бекке имеет интерференционный характер. В монохроматическом свете это серия полос, наблюдать которые трудно. Поэтому иммерсионные исследования ведутся в белом свете.— *Прим. ред.*

ществ, точное совпадение показателей преломления возможно только при монохроматическом свете; если же используется обычный свет, то в случае близких свойств преломления появляются радужные круги. Следует помнить также, что показатели преломления жидкостей очень быстро меняются при изменении температуры, и надо стремиться, чтобы жидкость под микроскопом и капля ее на рефрактометре имели одну и ту же — обычную комнатную — температуру.

Иммерсионный метод как средство микроскопического точного определения показателей преломления доведен минералогами до большого совершенства, и мы вернемся к нему позже, обсудив во-



Рис. 55. Эффект Бекке: капля жидкости на поверхности камня.

прос о двупреломлении. Применение этого метода не ограничено, однако, микроскопическими объектами. Большой камень можно укрепить с колеты (нижней стороны) воском на предметном стекле микроскопа, так чтобы табличка (верхняя грань камня) оказалась вверху и была горизонтальной (рис. 55), и нанести на эту грань каплю жидкости; у края этой капли будет виден эффект Бекке. Для наблюдений чисто макроскопического масштаба разработан метод фотографирования иммерсионного контакта [1], позволяющий видеть и регистрировать соотношения между показателями преломления. Камни, которые должны быть исследованы, погружают в соответствующую жидкость, находящуюся в стеклянной ячейке; свет от источника, расположенного вверху (подходящая установка — вертикальный фотоувеличитель), будет проходить через ячейку и попадать на лист фотобумаги или малочувствительную пленку, помещенную под ячейкой. При этом граненые камни или обработанные бусинки с более высоким преломлением, чем у иммерсионной жидкости, действуют как собирающие линзы, фокусируя свет к осевой линии, так что на позитивном отпечатке, полученном с контактного негатива (фото 3), изображения этих камней будут окружены черной каймой. Если граненый камень лежит на своей

[1] *B. W. Anderson*, The Journal of Gemmology, 1952, vol. III, p. 219—225; 1956, vol. V, p. 297—306.

табличке, ребра между гранями павильона выделяются в виде белых линий. Если разность показателей преломления очень велика, этот эффект усиливается, как указывалось выше, полным внутренним отражением, и образуется очень широкая черная кайма. С другой стороны, камни с показателем преломления более низким, чем у жидкости, будут окружены белой полосой (что соответствует действию рассеивающей линзы), а ребра отмечаются черными линиями. Однако, делая по этим фотографиям количественные выводы, следует иметь в виду, что фотоэмульсия наиболее чувствительна к самой коротковолновой части падающего света, а для этих длин волн показатель преломления жидкости будет значительно выше, чем для средней части видимого спектра. На фото 3 иммерсионная жидкость — α-монобромнафталин, для которого показатель преломления при натровом свете и 15°С составляет 1,655, но сподумен в ней виден с узкой белой каймой и выглядит как объект с показателем преломления несколько меньшим, чем у жидкости.

Такие же наблюдения можно производить и визуально, если небольшие граненые камни, лежащие на своих табличках и полностью погруженные в жидкость, рассматривать в микроскоп, используя при этом узкий параллельный пучок световых лучей [1]. Если фокус микроскопа располагается в жидкости выше камней, то размытые изображения ребер между гранями павильона в камнях, показатель преломления которых ниже, чем у жидкости (например, в кварце и топазе, фото 3), будут казаться темными, а в камнях с более высоким показателем преломления (как в цирконе и сапфире, фото 3) — светлыми. Если тубус микроскопа опустить, так что фокус окажется внутри камней, эффект будет обратным.

На практике желательно иметь под рукой набор жидкостей с таким диапазоном показателей преломления, который позволил бы использовать эффект Бекке наиболее просто и уверенно. Можно предложить следующий набор (показатели преломления указаны для натрового света при 15°С): вода 1,333; хлороформ 1,447; оливковое масло 1,470; бензол 1,501; монобромбензол 1,561; бромоформ 1,590; коричное масло 1,605; монойодбензол 1,619; α-монохлорнафталин 1,635; α-монобромнафталин 1,655; иодистый метилен 1,742. Смешивая равные части последних двух жидкостей, получаем жидкость с показателем преломления 1,700. Вместо того чтобы использовать разные жидкости, можно получить любой интервал показателей преломления вплоть до 1,742, смешивая иодистый метилен с бензолом, но из-за летучести последнего показатели преломления смесей надо перед употреблением проверять; растворяя серу в иодистом метилене, можно поднять показатель

[1] *R. K. Mitchell*, The Journal of Gemmology, 1962, vol. VIII, p. 280—285.

преломления до 1,785, а добавив еще и четыреходистый этилен, можно поднять показатель преломления до 1,81 [1].

в. Минимальное отклонение

Если показатель преломления камня слишком высок, чтобы его можно было измерить рефрактометром, а этот показатель надо измерить с определенной степенью точности, помочь может призматический метод. Для этого используют гониометр, в котором круг с делениями, скрепленный с держателем для кристалла, и зрительная труба могут поворачиваться независимо вокруг одной и той же вертикальной оси.

Инструмент состоит из закрепленного коллиматора и подвижной зрительной трубы; их оптические оси горизонтальны и пересекаются на вертикальной оси, вокруг которой может вращаться лимб — горизонтальный круг с делениями. В фокусе прибора находится щель, образованная выпуклыми дугами окружностей, которую можно увидеть в фокальной плоскости зрительной трубы с помощью окуляра, снабженного пересекающимися нитями, если эта щель отражается оказавшейся в нужном положении гранью кристалла или камня.

Камень или кристалл прикрепляются к держателю воском, который можно размягчить теплом пальцев. Держатель же прикрепляется к специальному приспособлению, состоящему из двух дуг, располагающихся под прямым углом друг к другу и снабженных винтовыми зажимами. Одна грань устанавливается по возможности вертикально и под прямым углом к одной из дуг, посредством которой эта грань приводится в точное положение. Движение другой дуги, как правило, не влияет на относительное расположение этой грани; с помощью этой дуги юстируется вторая грань. Два горизонтальных винта, располагающихся под прямым углом друг к другу, используются для установки камня на оси вращения лимба. Если обе грани точно установлены и их общее ребро, действительное или воображаемое, совпадает с указанной осью вращения, то изображения, получаемые при отражении от этих граней, при вращении лимба последовательно пересекут поле зрения зрительной трубы. Разность отсчетов, соответствующих положению отраженных лучей в центре поля зрения, дает величину угла между гранями, которую в дальнейшем мы будем обозначать буквой A. При измерении этого угла зрительная труба располагается приблизительно перпендикулярно коллиматору. Когда приступают

[1] Вряд ли следует пользоваться рекомендованным набором. Сейчас разработаны очень удобные и устойчивые наборы жидкостей, которыми пользуются для диагностики минералов. Эти наборы изготовляются и имеются в продаже.— *Прим. ред.*

к изучению световых лучей, которые проходят через призму, образованную двумя выбранными гранями, лимб закрепляют так, чтобы нулевой отсчет соответствовал положению зрительной трубы точно против коллиматора. После этого держатель кристалла и зрительной трубы освобождают; теперь они могут поворачиваться вокруг центральной вертикальной оси.

Очевидно, что удобнее всего выбрать в качестве одной из пары граней табличку, в качестве же второй грани можно взять одну из крупных граней на нижней стороне камня. Если свет от кол-

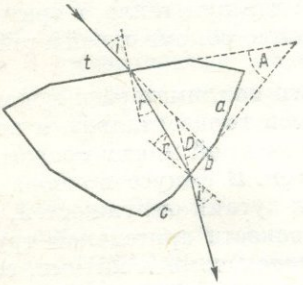


Рис. 56. Минимальное отклонение светового луча, проходящего через граненый камень.

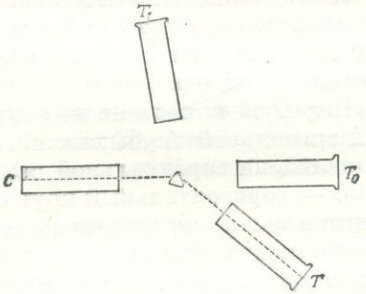


Рис. 57. Схема наблюдений по методу минимального отклонения.

лиматора падает на табличку кристалла, а зрительная труба повернута так, что в нее попадает пучок лучей, выходящий через призму, образованную этими двумя гранями, то при использовании обычного света будет видно спектральное изображение щели (или, в случае двупреломляющего камня, два таких изображения); в натровом свете изображения будут резкими и четкими. Предположим, что мы поворачиваем камень в направлении уменьшения отклонения луча и одновременно поворачиваем зрительную трубу, держа изображение в поле зрения; мы увидим, что изображение будет сдвигаться до какого-то положения, но не дальше, как бы мы ни поворачивали камень; это и будет положением минимального отклонения.

Совершенно ясно, что нам надо узнать, каковы в этом особом положении углы падения и преломления. Для простоты предположим, что камень не обладает двупреломлением. На рис. 56 показан разрез через камень со ступенчатой огранкой перпендикулярно граням с параллельными ребрами; буквой t отмечена верхняя грань (табличка), буквами a, b, c — грани на колете (нижней стороне). Показан путь пучка света, пересекающего призму, образованную парой граней t и b. Предположим, что A — внутренний угол этой призмы (угол между нормалями к указанным граням), i — угол падения у первой грани, i' — угол выхода луча у второй грани,

r и r' — углы преломления внутри камня у первой и второй граней; тогда свет преломляется у первой грани от угла i к углу r, а у второй грани — от угла i' к углу r'. Таким образом, угол отклонения D определяется уравнением $D=i+i'-(r+r')$. Кроме того, мы находим, что $r+r'=A$, откуда следует, что $A+D=i+i'$.

Очевидно, что путь света обратим; иначе говоря, если пучок световых лучей проходит через призму по показанному на рисунке пути от грани t к грани b, то он будет идти по тому же самому пути и в обратном направлении. Поскольку мы установили экспериментально, что существует только одно положение минимального отклонения, мы можем заключить, что условия у обеих граней одинаковы и, следовательно, углы r и r' одинаковы, а значит, углы i и i' также одинаковы. Это равенство углов можно установить и путем более строгого рассуждения. Согласно закону Снеллиуса — Декарта, существуют соотношения

$$\sin i = n \sin r, \quad \sin i' = n \sin r',$$

где n — показатель преломления камня. Обозначив малые приращения углов как di, di', dr, dr', получаем при критической величине углов (при постоянном D)

$\cos i \cdot di = n \cos r \cdot dr$; $\cos i' \cdot di' = n \cos r' \cdot dr'$; $dr+dr'=0$; $di+di'=0$; после сокращения получаем $\sin^2 i = \sin^2 i'$, $i=i'$.

Следовательно, при минимальном отклонении мы имеем $r=\frac{1}{2}A$ и $i=\frac{1}{2}(A+D)$, и из приведенного выше уравнения получаем

$$n = \sin\frac{1}{2}(A+D)/\sin\frac{1}{2}A.$$

Если камень двупреломляет, как мы предположили, то можно увидеть два изображения; в этом случае надо провести две серии наблюдений, последовательно помещая каждое изображение в положение минимального отклонения. Подлинный смысл вычисляемых затем величин обсуждается ниже, в разделе о двупреломлении в кристаллах. Здесь же мы можем принять, что эти величины достаточно точны, чтобы различить камни, даже имеющие двупреломление.

Можно отметить, что в случае алмаза с бриллиантовой огранкой из нижней стороны камня свет выходить не должен. В общем случае необходимо, чтобы угол A между двумя гранями был не слишком велик, так как иначе пучок лучей будет полностью отражаться у второй грани; с другой стороны, этот угол не должен быть слишком мал, потому что любая ошибка в его определении серьезно повлияет на точность вычисления показателя преломления. Хотя для точной работы желательно использовать натровый свет, однако для диагностики камней достаточно точные величины можно получить, определяя положение желтой части спектрального изображения в белом свете (см. так же рис. 57).

Рассмотрим один пример (гранат):

Отсчет $T\ (=D)$	40°	41′	Отсчет T_1	261°	35′
			Вычтем 180°	180°	0
				81	35
			Отсчет S	41	30
$\frac{1}{2}D$	20	$20\frac{1}{2}$	A	40	5
$\frac{1}{2}A$	20	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}A$	20	$2\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}(A+D)$	40	23			

$$\lg \sin 40°23' \quad \bar{1},81151$$

$$\lg \sin 20°2\frac{1'}{2} \quad \bar{1},53492$$

$$\lg n \quad \overline{0,27659}$$

$$n = 1,8906$$

Отсчеты S и T почти одинаковы, поэтому мы можем быть уверены, что при выборе граней ошибки не было.

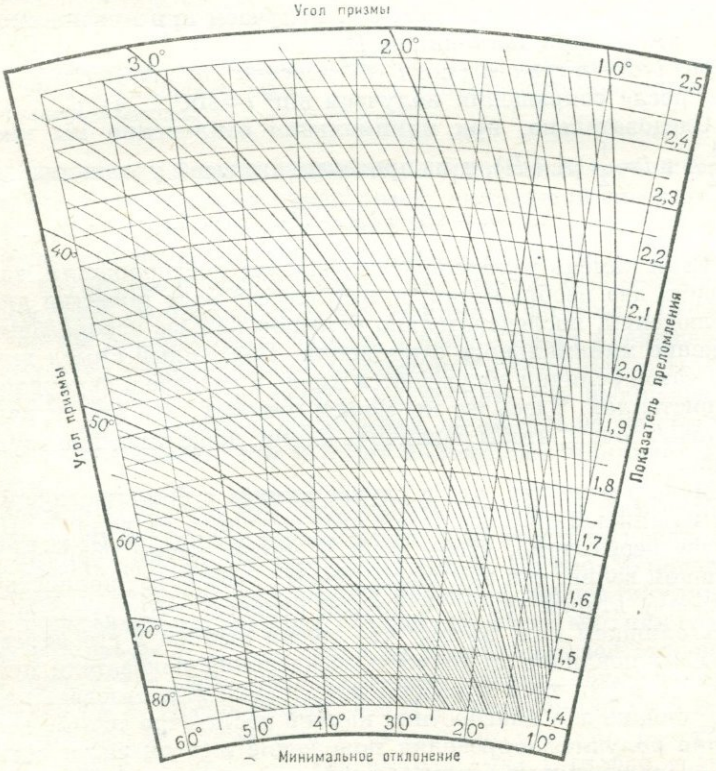


Рис. 58. Номограмма для определения показателей преломления.

Вместо таблиц логарифмов можно использовать номограмму [1], показанную на рис. 58. Радиальные линии соответствуют углам минимального отклонения, а косо расположенные линии — углам между гранями призмы; длина отрезков радиальных линий дает величину показателя преломления. Мы скользим взглядом по линии, соответствующей найденному углу минимального отклонения, и отмечаем, где она пересекается с кривой для установленного угла призмы; по этому пересечению сразу же определяется показатель преломления.

Показатели преломления драгоценных камней приведены в таблице, помещенной в части IV.

[1] Эта номограмма была составлена и построена автором и описана им в журнале Mineralogical Magazine, 1906, vol. XIV, p. 192—193.

5
Блеск и игра камня

В одной из предыдущих глав этой книги отмечалось, что всегда, когда свет падает на поверхность, отделяющую одну среду от другой, часть света отражается в первую среду, а другая часть уходит во вторую среду, преломляясь на границе. Исключение составляет случай, когда вторая среда обладает большей преломляющей способностью, а угол падения превышает соответствующий угол полного внутреннего отражения. В случае граненого камня, рассматриваемого в воздушной среде, часть света всегда отражается, а остаток проходит в камень. Отношение количества отраженного света к преломленному частично зависит от угла падения, но главным образом от природы камня: его светопреломления и характера поверхности. Величина этого отношения определяет блеск камня: чем больше доля отраженного света, тем ярче блеск.

Выделяют пять различных видов блеска; яркость каждого из них зависит от гладкости полированной поверхности. От тусклой или матовой, т. е. неровной, поверхности падающий свет рассеивается, отражаясь во многих направлениях, и ни по одному из направлений не образуется яркого отражения. Все драгоценные камни хорошо отполированы и имеют поэтому, пока поверхность сохраняет полировку и ничем не загрязнена, значительный блеск; однако такие материалы, как бирюза, нельзя из-за мягкости отполировать гладко, вследствие чего они всегда тусклые.

Выделяют следующие виды блеска:

1) алмазный, характерный для алмаза;
2) стеклянный, как на поверхности излома разбитого стекла;
3) смоляной, подобный блеску смол; очень похож на него жирный блеск;
4) перламутровый, как на поверхности жемчуга; он обычно проявляется на поверхностях спайности кристаллов;
5) шелковистый, характерный для волокнистых минералов.

Только редкие драгоценные камни настолько высоко преломляют свет, что дают алмазный блеск. Иногда встречаются крупные

и чистые куски касситерита, блеск которых может поспорить с блеском алмаза. Блеск драгоценных камней, обладающих преломлением света, близким к преломлению в алмазе, например блеск циркона, сфена, граната и корунда, занимает промежуточное место между алмазным и стеклянным. Типичным примером минерала со стеклянным блеском является кварц. Большинство драгоценных камней имеет стеклянный блеск различной яркости; в целом более твердые и сильнее преломляющие виды обладают более ярким блеском.

Оптические эффекты, известные под названием «игра света», обусловлены отражением света от линейных неоднородностей внутри камня. Переливчатость света, или «кошачий глаз» (цветное фото III), возникает из-за наличия пучка линий, параллельных какому-то одному направлению. Если на камень смотреть под прямым углом к этому направлению, то видно полоску света, пересекающую этот пучок. Чем тоньше линии, тем четче светлая полоска. Камням с «кошачьим глазом» надо придавать форму кабошона, а основание делать параллельным длине пучка линий. Эффект проявляется лучше всего тогда, когда камень рассматривают при свете, исходящем от какого-то одного источника, например от Солнца или от электрической лампы.

Камень, имеющий собственное название «кошачий глаз»,— это разновидность хризоберилла; долго считалось, что линейные неоднородности в нем обусловлены множеством микроскопических каналов, идущих параллельно одной из главных осей. Однако было установлено, что во многих переливчатых минералах линейность связана с наличием пучков игольчатых кристаллов. В кварце эффект «кошачьего глаза» в некоторых случаях обусловлен присутствием рутила, в других — амфибола, и хотя природа волокнистых включений в хризоберилле, дающих эффект «кошачьего глаза», остается пока неясной, по крайней мере в некоторых случаях можно видеть, что это игольчатые кристаллы.

К «кошачьему глазу» близко примыкают «тигровый глаз» и «соколиный глаз». Оба они были найдены в Южной Африке, и оба оказались разновидностями окремненного крокидолита, но в первом из них первоначальный голубой цвет превратился в результате окисления в золотисто-желтый, а во втором первичная окраска сохранилась без (или почти без) изменения. Переливы света вызваны субпараллельным расположением волокон окремненного амфибола.

Переливчатость встречается не только в хризоберилле и кварце. Любой просвечивающий минерал с достаточно хорошо выраженной волокнистой структурой при соответствующей огранке может обнаружить этот эффект. Так, известны турмалины с отчетливым эффектом «кошачьего глаза». Переливчатость иногда проявляется в берилле, апатите, диопсиде и как в розовом, так и в фиолетовом

скаполите. Эти и другие разновидности показаны на цветном фото III.

В некоторых образцах корунда, если их рассматривать в направлении главной кристаллографической оси, видно шесть узких полос света, расходящихся от центра, или, что то же, три полоски, пересекающиеся друг с другом под углом 60°; картина в целом напоминает условное изображение сияющей звезды. Такие камни получили название звездчатых камней — в данном случае звездчатого рубина или звездчатого сапфира. Само явление называют астеризмом (цветное фото III). Причина его та же, что и переливчатости, но здесь имеются пучки линейных образований, наклоненных друг к другу под углом примерно 60°. Во многих случаях они были определены как иглы рутила; в последнее время в результате изучения тонких игл в звездчатом сапфире с острова Шри Ланка (Цейлон) было определено, что они представляют собой титанат алюминия Al_2TiO_5. Изредка можно видеть две системы ориентированных игл, и звезда тогда состоит из 12 лучей. Вывод о том, что такие иглы служат причиной астеризма в природном корунде, подтверждается тем фактом, что начиная с 1949 г. изготовляются синтетические звездчатые камни; при этом добиваются выпадения TiO_2 из твердого раствора в «бульке» путем тепловой обработки после кристаллизации. Короткие толстые иглы, как в некоторых синтетических камнях, производимых в ФРГ, дают более широкую звезду, чем в камнях компании «Linde» с более тонкими иглами. Астеризм можно также получить, делая на основании прозрачного камня цилиндрические желобки или системы линий, а это позволяет предположить, что и пустые каналы, оставшиеся в камне после растворения существовавших раньше волокнистых кристаллов, могут вызвать то же явление. Для наилучшего эффекта звездчатым рубинам и сапфирам следует придавать форму кабошона, располагая основание камня под прямым углом к главной кристаллографической оси; иначе центр звезды не будет располагаться у вершины камня.

Астеризм чаще всего встречается и лучше всего изучен в корунде, но иногда проявляется и в других драгоценных камнях. Форма звезды должна быть, очевидно, непосредственно связана с симметрией кристалла. В некоторых гранатах, обладающих линейностью, благоприятной для астеризма, вследствие кубической симметрии кристалла, звезда образована двумя полосами света, пересекающимися под прямым углом; имеется три направления, расположенных под прямым углом друг к другу, в которых эта звезда видна, и если проследить каждый луч, поворачивая камень, то можно заметить, что в направлениях, перпендикулярных граням октаэдра, этот луч пересекает два других луча под углом 120° (или 60°). В некоторых гранатах волокна располагаются параллельно ребрам ромбододекаэдра, поэтому четырехлучевые

звезды видны в шести направлениях. Зеленый циркон и аквамарин иногда проявляют астеризм благодаря закономерному расположению включений перпендикулярно главной кристаллографической оси. В розовом кварце также часто бывает видна шестилучевая звезда (цветное фото III).

Включения, вызывающие те эффекты, о которых шла до сих пор речь, имеют микроскопические, а часто даже субмикроскопические размеры. Иногда встречаются другие включения — более крупные и реже расположенные. Если они располагаются в одном и том же направлении, а свет виден в плоскости, перпендикулярной этому направлению, то возникают неожиданные вспышки. Блеск, вызываемый такими включениями, называется шелковистым, так как он напоминает игру света на шелке.

В некоторых минералах обычный блеск сочетается с оптическим эффектом, обусловленным интерференцией или дифракцией. Перламутровый блеск, являющийся типичным примером этого оптического эффекта, может проявляться на плоскостях спайности, например в топазе, но в граненом камне он может наблюдаться только в случае, если там зарождаются трещины; трещины спайности, зарождающиеся в граненом камне, называются перьями.

Ласковое голубое сияние, которое так привлекает нас в лунном камне, возникает благодаря интерференции света на мельчайших тонких пластинках натрово-кальциевого полевого шпата, присутствующих в пертитовых вростках в щелочных полевых шпатах как фаза, вышавшая из твердого раствора. Это свойство исчезает при нагревании камня до высокой температуры, при которой происходит гомогенизация пертитовых вростков [1]. Такой же эффект иногда возникает в плагиоклазах (перистеритах) из-за микроскопических вростков, также образующихся в результате распада твердого раствора.

Иризация, связанная с интерференцией света, лучше всего проявляется в опале. Поэтому волшебный эффект, создавший славу этому драгоценному камню, часто называют опалесценцией. Следует помнить, что радужная игра цветов — это иризация, а термин «опалесценция» можно употреблять только в случае молочно-белого или перламутрового света, отражающегося от обыч-

[1] Читателю, желающему больше узнать об этом свойстве лунного камня, будет интересно познакомиться с работой Э. Спенсера: *Edmondson Spencer*, A contribution to a study of moonstone from Ceylon and other areas and of the stability-relation of the alkali-feldspars, Mineralogical Magazine, 1930, vol. XXII, p. 291—567. [См. следующие работы: *Крамаренко Н. К.*, Фазовый состав, пластинчатое строение и иризация плагиоклазов, Изд-во «Наукова Думка», 1975. *Руденко С. А., Иванов М. А., Руденко С. С., Савицкий С. А.*, Особенности иризации зональных калинатровых полевых шпатов Северной Карелии, Сб. «Физика минералов и проблемы типоморфизма», Изв. Лен. горн. инст., Л., 1976, с. 84.— *Прим. ред.*]

ного опала и изредка от некоторых других драгоценных камней, таких, как лунный камень.

Опал образовался из геля кремнезема в результате потери части содержавшейся в нем воды. Все же он содержит переменное количество воды, иногда до 20%. Насколько можно судить по данным оптического изучения, опал не имеет правильной кристаллической структуры и ведет себя как аморфное вещество.

Раньше предполагалось, что по мере формирования этого «студня» в нем возникают многочисленные трещины, которые заполняются затем таким же материалом с иным содержанием воды, а значит, и с другой отражательной способностью; эти трещины и создают пленки, вызывающие иризацию. Это объяснение правдоподобно, но существование таких трещин никогда не было доказано. Однако некоторые образцы опала не иризируют, пока их не погрузят в воду; по-видимому, это происходит потому, что они покрыты трещинами, содержащими только воздух, и в обычных условиях свет полностью отражается от их разнообразно ориентированных поверхностей. Когда трещины наполняются водой, они становятся просвечивающими и, если они достаточно узкие, возникает интерференция света. Такой опал известен под названием «гидрофан».

Исследование большого количества образцов опала в рентгеновских лучах показало, что тонкая структура опала в различной степени приближается к упорядоченному кристаллическому строению, поэтому некоторые авторы считают опал скрытокристаллическим, а не аморфным. Характер дифракции рентгеновских лучей у опала такой же, как у кристобалита — кристаллической разновидности кремнезема, метастабильной при нормальных давлении и температуре. Одна из возможных причин образования структур, способных вызывать иризацию,— прорастание материала слоями с различной раскристаллизацией. Однако степень развития такой кристаллической структуры очень различна [1], от весьма совершенной (в обычном опале) до полностью аморфного состояния (чаще всего в цветных разновидностях опала). При большом увеличении, достигаемом с помощью электронного микроскопа, видно, что благородный опал состоит из сферических частиц аморфного кремнезема (1700—3500 Å в диаметре), имеющих такое упорядоченное объемное расположение, что они создают трехмерную дифракционную решетку [2], которая и дает характерную иризацию. При менее правильном расположении частиц возникают только молочные переливы света.

---

[1] *J. B. Jones, J. V. Sanders, E. R. Segnit*, Structure of opal, Nature, 1964, vol. 204, p. 990—991.

[2] *P. J. Darragh, J. V. Sanders*, The origin of colour in opal, Australian Gemmologist, 1965, vol. 46, p. 9—12.

6
Двупреломление

Оптические явления, характерные для многих драгоценных камней, осложняются свойством этих камней расщеплять луч света на два луча, имеющие в общем случае различные характеристики. В настоящей главе мы обсудим природу этого явления — так называемого двупреломления — и методы его обнаружения.

Уже в 1669 г. датский ученый Бартолин заметил, что пластинки прозрачного минерала, который в то время только недавно стали привозить из Исландии и поэтому назвали исландским шпатом, обладают замечательным свойством давать двойные изображения близких к ним предметов, если смотреть на эти предметы сквозь пластинки. Последующее изучение показало, что многие кристаллические материалы являются двупреломляющими, но из всех распространенных минералов только в кальците (точное название группы веществ, к которой относится и исландский шпат) это явление настолько ярко выражено, что его можно видеть невооруженным глазом. Кажущееся расстояние между двумя изображениями, создаваемыми вырезанной или выколотой в любом направлении пластинкой, зависит от ее толщины. Большой кусок исландского шпата толщиной до 60 см, выставленный в Галерее минералов Британского музея естественной истории, дает такое расстояние между изображениями, которое следует, вероятно, считать уникальным.

Хотя ни один из драгоценных камней не может состязаться с кальцитом в этом отношении, все-таки двупреломление у некоторых из них достаточно велико и обнаруживается без особого труда. В случае фасетной огранки на противоположные ребра камня надо посмотреть через табличку (верхнюю грань), и тогда удается увидеть их удвоение. Двупреломление в сфене так велико, а именно 0,120, что удвоение ребер видно невооруженным глазом. В оливине (рис. 59), цирконе и эпидоте кажущееся раздвоение ребер легко обнаруживается с помощью обычной линзы. Опытный глаз может заметить это явление даже в случае таких веществ, как кварц, который имеет небольшое двупреломление. Следует, однако, помнить, что во всех таких камнях в определенных направлениях двупреломление отсутствует, и величина двупреломления меняется в зависимости от направления в кристалле от нуля до максимальной для данного камня. Опыт с пластинкой из исландского шпата

показывает, что проходящие через нее лучи обладают свойствами, отличающимися от свойств обычного света. Положив сверху вторую пластинку, мы увидим уже две пары изображений, но теперь, в общем случае, яркость изображений не будет, как в предыдущем случае, одинаковой. Если вторую пластинку поворачивать по отношению к первой, два изображения (по одному из каждой пары) исчезнут, а при повороте еще на прямой угол исчезнут другие два изображения; на половине угла между этими положениями все изображения имеют одинаковую яркость. Эти изменения интенсив-

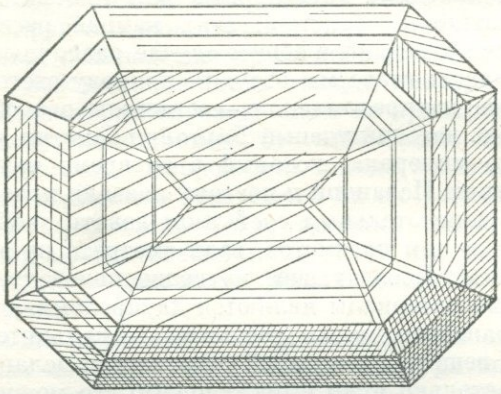


Рис. 59. Кажущееся удвоение ребер в оливине (хризолите) при наблюдении через табличку (верхнюю грань).

ности указывают на то, что каждый из лучей, выходящих из первой пластинки, как говорят, становится плоскополяризованным, или, короче, поляризованным.

Основы современной теории света были заложены еще в XVII в. Христианом Гюйгенсом. Согласно его теории, свет представляет собой результат волновых колебаний (рис. 60) в эфире — среде, занимающей все пространство, независимо от того, имеется там материя или нет, и передающей эти колебания со скоростью, которая зависит от материи, оказавшейся на пути движения волн. Предположение о такой среде было введено для объяснения природы света, но реально этой среды не существует. Волновые колебания подобны тем волнам, которые возникают на спокойной поверхности воды, возмущенной брошенным в нее камнем. Волны расходятся от очага возмущения, но хотя и кажется, что волны перемещаются, реальные частицы воды просто движутся вверх и вниз и совсем не перемещаются в направлении распространения волн. Если мы вообразим, что такие колебания происходят в любой плоскости, перпендикулярной лучу (а не только в горизонтальной), мы получим некоторое представление о природе обычного света. Но

пройдя через пластинку исландского шпата, свет колеблется уже не во всех направлениях; каждый из двух лучей колеблется параллельно какой-то определенной плоскости, и эти две плоскости располагаются под прямым углом одна к другой. Волны света различного цвета различаются по длине, т. е. по удвоенному расстоя-

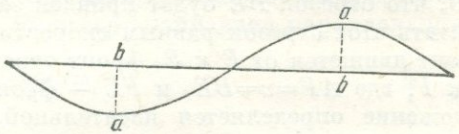


Рис. 60. Волновые колебания.

нию bb (рис. 60) между двумя максимумами, а скорость, постоянная в каждой данной среде, пропорциональна длине волны. Интенсивность света изменяется как квадрат амплитуды этой волны, т. е. высоты ab ее максимума относительно среднего уровня.

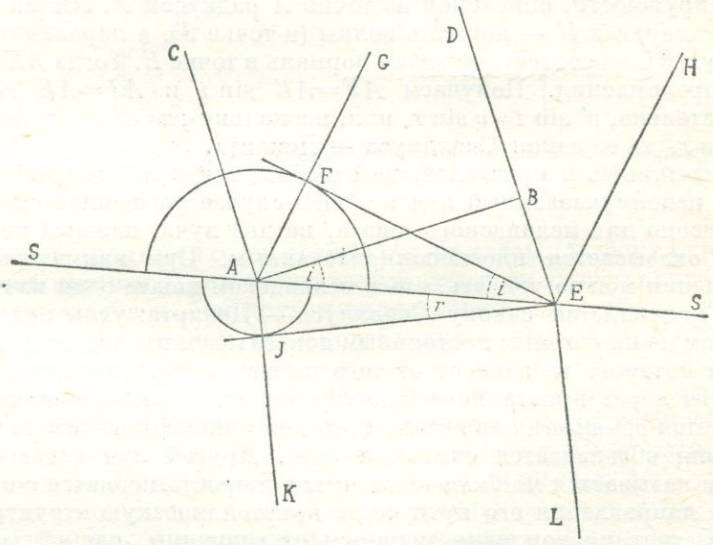


Рис. 61. Отражение и преломление волны.

Рассмотрим теперь, что происходит с волной, когда она падает на плоскую поверхность, отделяющую среду, в которой распространяется волна, от другой среды. На рис. 61 показан разрез SS через эту плоскость, и фронт волны, часть которого представлена линией AB, AC и BD — нормали этой волны в точках A и B. Продолжение линии DB пересекается с плоскостью в точке E. Тогда угол BAE — угол падения i. После того как фронт волны

достигнет поверхности раздела в точке A, он будет продолжать двигаться, и через некоторый промежуток времени, зависящий от скорости v в первой среде, этот фронт на участке B дойдет до поверхности в точке E. Таким образом, величина отрезка BE пропорциональна скорости v; поскольку можно выбрать такое положение точки B, что отрезок BE будет пройден за единицу времени, можно считать этот отрезок равным скорости: $BE=v$. В то время, когда фронт движется от B к E, фронт отраженной волны проходит от A к F, где $AF=v=BE$, и FE — фронт отраженной волны. Его положение определяется касательной, проведенной из точки E к окружности радиуса v с центром в A. Линия AF продолжается к G; EH — нормаль (перпендикуляр) к EF. Поскольку треугольники AFE и ABE равны между собой, угол отражения FEA равен углу падения BAE.

Пусть скорость во второй среде равна v'. Тогда в то время, пока B движется к E, A перемещается во второй среде к некоторой точке J, так что $AJ=v'$, и новый фронт волны дается касательной EJ к окружности, описанной из точки A радиусом v'. Линия AJ, продолженная к K,— нормаль волны (в точке J), а параллельная ей линия EL — соответствующая нормаль в точке E. Тогда AEJ — угол преломления. Получаем $AF=AE \sin i$ и $AJ=AE \sin r$, следовательно, $v' \sin i=v \sin r$, или, поскольку $vn=v'n'$, $n \sin i= =n' \sin r$, т. е. закон Снеллиуса — Декарта.

Преломляясь в кристалле, не относящемся к кубической сингонии, неполяризованный луч в общем случае расщепляется, как это описано для исландского шпата, на два луча, каждый из которых оказывается плоскополяризованным. При внимательном наблюдении можно увидеть, что в исландском шпате один из двух лучей подчиняется закону Снеллиуса — Декарта: углы падения и преломления связаны постоянным показателем преломления, величина которого не зависит от того направления, в котором луч проходит через кристаллическую структуру. Поэтому такой луч называется *обыкновенным лучом*, и его постоянный показатель преломления обозначается символом ω (o). Другой луч ведет себя иначе и называется *необыкновенным*; его скорость меняется с изменением направления его пути через кристаллическую структуру, и показатель преломления меняется от величины, равной ω, до предельной величины ε (e), которая в разных веществах бывает либо больше, либо меньше, чем ω. Например, в кварце для натрового света $\omega=1{,}544$, $\varepsilon=1{,}553$; в кальците $\omega=1{,}658$, $\varepsilon=1{,}486$. Кристаллы, в которых обыкновенный луч распространяется быстрее всех других возмущений, называются оптически *положительными* (например, кварц), тогда как, например, кристаллы кальцита, в котором обыкновенный луч идет медленно, называются *отрицательными*. Важно запомнить, что в отрицательных кристаллах $\omega>\varepsilon$, в положительных $\omega<\varepsilon$.

Такие оптические свойства характерны только для веществ, кристаллизующихся в тетрагональной, гексагональной и тригональной сингониях. Кроме того, обнаружено, что в этих веществах имеется одно направление (параллельное главной оси симметрии), по которому свет проходит без двупреломления. Это направление — *оптическая ось*; кристаллы, относящиеся к этим сингониям, *оптически одноосны*. Если свет направлен параллельно оптической оси,

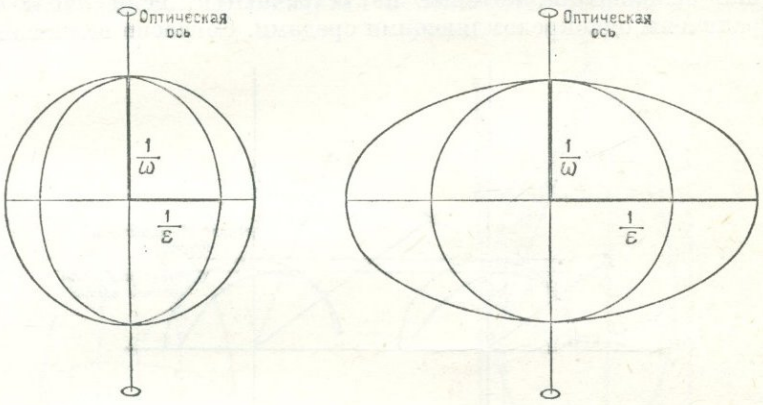


Рис. 62. Сечения волновых поверхностей положительного и отрицательного одноосных кристаллов.

он распространяется со скоростью $1/\omega$, при этом колебания происходят под прямым углом к оптической оси; если же свет проходит через кристалл в любом другом направлении, *скорость зависит от направления колебаний*. Если колебания и в этом случае происходят под прямым углом к оптической оси, скорость остается равной $1/\omega$ и возмущение распространяется в виде обыкновенного луча; однако если колебания происходят в плоскости, проходящей через оптическую ось (в главной плоскости), то возмущение распространяется в виде необыкновенного луча со скоростью $1/\varepsilon'$, где ε' — величина показателя преломления необыкновенного луча, промежуточная между ω и предельным значением ε. Эта предельная величина достигается тогда, когда возмущение распространяется под прямым углом к направлению оптической оси, а колебания происходят параллельно этому направлению. Таким образом, если мы предположили, что свет исходит из некоторой точки внутри одноосного кристалла, то спустя единицу времени обыкновенный луч достигнет поверхности сферы радиусом $1/\omega$, а необыкновенный луч за это же время достигнет поверхности фигуры, которая представляет собой эллипсоид вращения с полуосями $1/\varepsilon$, $1/\varepsilon$ и $1/\omega$ (рис. 62). Эти две поверхности, взятые вместе, образуют

волновую поверхность одноосного кристалла. В положительных кристаллах сфера заключает в себе эллипсоид, так как обыкновенный луч всегда распространяется быстрее, чем необыкновенный; в отрицательных кристаллах эллипсоид содержит в себе сферу.

То, что фронт необыкновенной волны имеет форму эллипсоида, вносит в оптическое исследование двупреломляющих веществ такие осложнения, которые не встречаются, если наблюдения ограничены однопреломляющими средами. Согласно волновой тео-

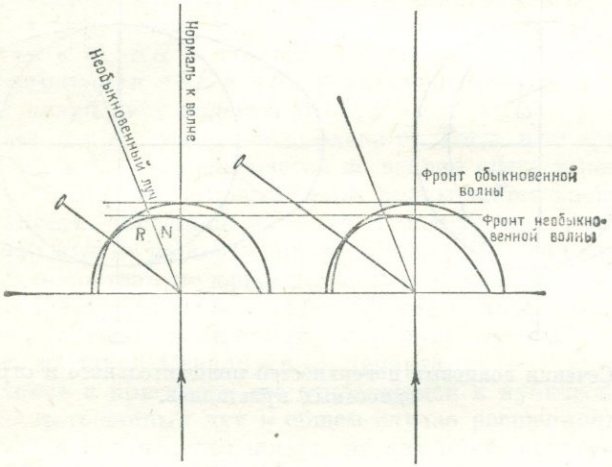


Рис. 63. Схема, показывающая различие между волновой и лучевой скоростью в двупреломляющей среде.

рии, скорость волнового фронта обратно пропорциональна показателю преломления той среды, через которую он проходит, и эта скорость измеряется вдоль нормали к волне. Для сферического волнового фронта нормаль совпадает с направлением луча, так что скорости луча и волны одинаковы, но для эллипсоидального волнового фронта (рис. 63) нормали не совпадают с направлениями лучей, кроме тех случаев, когда луч идет вдоль оптической оси или под прямым углом к ней.

Чтобы справиться с этими трудностями, в кристаллооптике используются различные схематические изображения, и самое полезное из них — это *индикатриса*, понятие о которой введено Флетчером [1]. Одноосная индикатриса — эллипсоид вращения, построенный на осях, *прямо пропорциональных* значениям показателей преломления ω, ω, ε (рис. 64). Поскольку эта фигура ис-

[1] *Lazarus Fletcher*, The optical indicatrix and the transmission of light in crystals, Mineralogical Magazine, 1891, vol. IX, p. 278—288.

пользуется для графического выражения оптических свойств кристалла, ее надо помещать на рисунках внутри изображения кристалла в соответствии с его симметрией; ось вращения эллипсоида при этом должна совпадать с единственной осью симметрии кристалла (рис. 65). Необходимо, однако, твердо усвоить, что эта частная поверхность имеет только схематическое значение и не изображает ничего реального, как и «необыкновенная» часть волновой поверхности. Индикатриса используется для того, чтобы

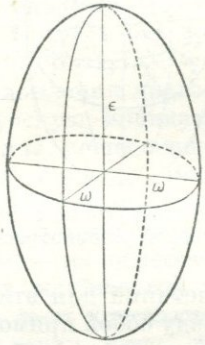


Рис. 64. Индикатриса положительного одноосного кристалла.

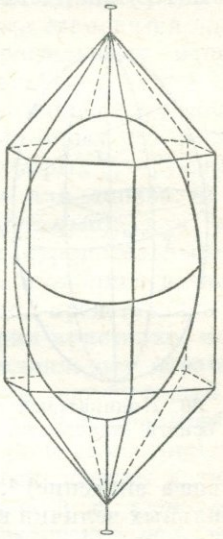


Рис. 65. Положение индикатрисы внутри кристалла кварца.

дать полную количественную информацию о преломляющих свойствах любой части кристалла. Если, например, взять базальное сечение кристалла (под прямым углом к оптической оси), то соответствующее сечение через центр индикатрисы будет представлять собой круг радиуса ω и укажет на то, что такое сечение кристалла не имеет двупреломления и что свет проходит через него перпендикулярно, как единственный луч. Сечение кристалла в любом другом направлении даст эллиптический след индикатрисы и укажет, что все такие сечения являются двупреломляющими. Большая и малая полуоси этого эллиптического сечения дают показатели преломления и направления колебаний двух волн, распространяющихся нормально к данному сечению.

Индикатрису можно использовать и для сравнительно простого описания оптических свойств кристаллов, относящихся к ром-

бической, моноклинной и триклинной сингониям. Здесь положение гораздо сложнее, и обыкновенного луча нет. Один падающий пучок распадается, в общем случае, на два плоскополяризованных преломленных пучка, так же как и в одноосных кристаллах, но каждый из них идет затем со скоростью, изменяющейся в зависимости от своего направления в структуре кристалла. В каждом конкретном случае два показателя преломления находятся в интервале между двумя предельными для данного вещества значениями: α (Np) (наименьший показатель преломления) и γ (Ng)

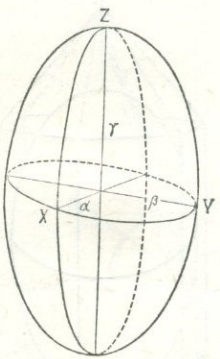


Рис. 66. Индикатриса двуосного кристалла.

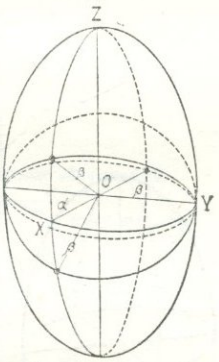


Рис. 67. Круговые сечения двуосной индикатрисы.

(наибольшее значение) [1]. Направления колебаний для этих двух экстремальных величин всегда образуют между собой прямой угол, а индикатриса представляет собой эллипсоид, построенный на трех *неравных* осях *OX*, *OY*, *OZ* (рис. 66), где *OX* и *OZ* пропорциональны соответственно α и γ, а *OY* — β, промежуточному значению показателя преломления, соответствующему колебаниям, нормальным к плоскости *XOZ*. Как и раньше, различные сечения индикатрисы дают информацию о двупреломлении соответствующих сечений кристалла. Никакого главного кругового сечения нет, но существуют два круговых сечения (рис. 67) с радиусом β, пересекающихся по линии *OY* и одинаково наклоненных к *OX* (и к *OZ*). Это показывает, что в кристалле теперь имеются два направления (нормальных к этим круговым сечениям), по которым свет распространяется без двупреломления. Острый угол между двумя нормалями — это угол между оптическими осями (он обозначается $2V$); таким образом, кристаллы, относящиеся к этим сингониям, оптически двуосны. Это третья из трех категорий, по которым

[1] В советской литературе пользуются французскими обозначениями: Np (или n_p), Ng (n_g) и Nm (n_m), где p — малый (petit), g — большой (grand), m — средний (moyen).— *Прим. ред.*

группируются все кристаллы в соответствии с характером своих оптических свойств:

Изотропные	Одноосные	Двуосные
Кубическая	Тетрагональная	Ромбическая
	Гексагональная	Моноклинная
	Тригональная	Триклинная

Среди двуосных кристаллов, по аналогии с одноосными, также различают кристаллы положительные и отрицательные. Если $\beta \to \alpha$, то в пределе $OY = OX$ и индикатриса становится эллипсоидом вращения, соответствующим положительному одноосному кристаллу; если же $\beta \to \gamma$, то в этом предельном случае $OY = OZ$ и индикатриса соответствует отрицательному одноосному кристаллу. Поэтому те двуосные кристаллы, для которых $(\gamma - \beta) > (\beta - \alpha)$, называются положительными, а те, для которых $(\gamma - \beta) < (\beta - \alpha)$, — отрицательными. Характерные значения для топаза: $\alpha = 1{,}630$, $\beta = 1{,}631$, $\gamma = 1{,}638$ (оптически положительный); для эпидота: $\alpha = 1{,}733$, $\beta = 1{,}755$, $\gamma = 1{,}768$ (оптически отрицательный). (Знак двупреломления драгоценных камней см. в таблице в части IV.)

Двуосную индикатрису надо, конечно, представлять внутри кристалла, совпадающей с осями симметрии кристалла, но в кристаллах низкой симметрии нет принципиальных ограничений. Сама индикатриса всегда характеризуется «ромбической симметрией», обладая тремя осями 2-го порядка в направлениях OX, OY, OZ — на пересечениях трех плоскостей симметрии. В кристаллах ромбической сингонии эти три оси должны идти параллельно трем кристаллографическим осям a, b, c, хотя соответствие величин здесь не обязательно. Оптические оси, имеющие одинаковый наклон по обе стороны одной из двойных осей, как правило, не перпендикулярны граням кристалла. В моноклинных кристаллах единственное требование, накладываемое симметрией, заключается в том, что кристаллографическая ось b должна совпадать с одной из осей OX, OY, OZ, а в триклинных кристаллах ориентировка индикатрисы не подчиняется требованиям симметрии.

Теперь можно более подробно объяснить, что происходит, когда камень помещают на рефрактометр. Когда камень поворачивают на этом приборе, предельное (критическое) *направление луча*, совпадающее с плоскостью грани, всегда оказывается под прямым углом к нормали к этой грани. Поэтому интервал между *показателями преломления*, устанавливаемый по движущимся теням, соответствует диапазону изменения формы семейства сечений индикатрисы, проходящих через центр и содержащих в себе нормаль к данной грани. Приведем для пояснения несколько примеров. Начнем с одноосного кристалла и предположим, что его табличка расположена параллельно главной плоскости и содержит в себе,

таким образом, направление оптической оси (примером может служить кристалл турмалина). Семейство сечений, проходящих через нормаль ON (рис. 68), содержит фигуры, меняющиеся от окружности с радиусом ω (когда свет проходит параллельно оптической оси) до эллипса с полуосями ω и ε и радиусом промежуточной величины ε'. Следовательно, одна тень остается неподвижной у значения ω, вторая же постепенно смещается до предельного значения ε, а затем возвращается до совпадения с первой. Поскольку движущаяся тень отвечает необыкновенному лучу, то при этом

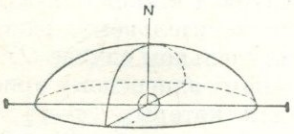


Рис. 68. Положение индикатрисы при измерении показателя преломления на рефрактометре в главной плоскости одноосного кристалла.

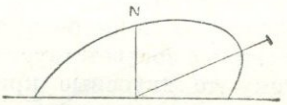


Рис. 69. Одноосная индикатриса в косом положении на рефрактометре.

можно определить как оптический знак кристалла, так и истинную величину двупреломления.

Однако в общем случае грань, соприкасающаяся с плоскостью рефрактометра, соответствует, вероятнее всего, случайному сечению индикатрисы. В таком случайно расположенном сечении (рис. 69) при вращении камня свет не будет идти параллельно оптической оси, так что все время будут видны две тени. Когда свет будет идти в плоскости схемы, показанной на рис. 69, тень будет соответствовать ω и значению ε', зависящему от наклона грани к оптической оси. Однако при вращении можно найти положение, при котором свет проходит через камень под прямым углом к главной плоскости, и здесь будет максимальное расстояние между тенями, соответствующее разности $\omega - \varepsilon$. Таким образом, по любому сечению одноосного кристалла можно определить величину двупреломления и оптический знак. Особый случай возникает тогда, когда табличка располагается под прямым углом к оптической оси (как это может случиться, например, в кристаллах рубина, имеющих естественный таблитчатый габитус). Тогда все семейство центральных сечений, проходящих через ON,— это главные сечения индикатрисы с полуосями ω и ε. Истинное значение двупреломления видно сразу, как и раньше, но при повороте камня ни одна из теней не смещается, так что оптический знак определить непосредственно на удается. Если это необходимо сделать, то можно попытаться использовать какую-нибудь другую грань. Иначе это можно осуществить с помощью поляроида, надеваемого на окуляр рефрактометра. В этом случае определяют направление

колебаний, соответствующее каждой тени. Поскольку оптическая ось нормальна к плоской пластине рефрактометра, обыкновенный луч должен распространяться так, что его колебания будут параллельны этой пластине. Если фильтр ориентирован таким образом, чтобы пропускать лишь горизонтальные световые колебания, то будет видна только одна тень, соответствующая обыкновенному лучу. Если отсчет при этом указывает на более низкий показатель преломления, то камень оптически положителен, если же на более высокий показатель,— отрицателен.

Такие же рассуждения можно провести для двуосных кристаллов, и опять-таки следует отметить вначале несколько особых случаев. Если направление колебаний γ (т. е. направление OZ) нормально к контактирующей грани, то большая полуось всех эллипсов данного семейства, определяющих положение тени, будет иметь эту величину, а их малая полуось будет меняться от β к α; одна тень останется неподвижной у максимального отсчета, а другая будет смещаться вниз до минимального значения, соответствующего α. Если нормалью является OX, то постоянный отсчет будет равен α, а положение второй тени будет изменяться от γ к β. Если нормаль — OY, то семейство эллипсов включает два круговых сечения эллипсоида и когда свет проходит нормально к ним, тени совпадают у значения β. При повороте камня движущаяся тень дважды переходит через неподвижную. Если нормаль ON лежит на одном из круговых сечений, но направлена не по OY, обе тени меняют свое положение, но в своем движении (при повороте камня) они встречаются в том положении, где шкала показывает значение β.

Некоторые из таких особых случаев на практике встречаются весьма часто из-за ограничений, налагаемых на ювелира габитусом естественных кристаллов. Так, в кристаллах многих ромбических и моноклинных минералов табличка располагается параллельно пинакоиду; у ромбических минералов она обязательно будет идти под прямым углом к одному из направлений (OX, OY, OZ) индикатрисы и точно так же — у моноклинных минералов в случае бокового пинакоида. Нередко, однако, выбранная грань будет соответствовать случайному сечению индикатрисы, и здесь важно указать, что наибольший и наименьший отсчеты, полученные на такой грани, всегда соответствуют максимальному двупреломлению, которым обладает данный камень. Любое случайное сечение индикатрисы [1] пересекает три главные плоскости в точках P, Q, R (рис. 70). Когда при повороте камня свет проходит вдоль направления OP, он идет в плоскости YOZ под прямым углом к OX, и поэтому одно из использованных направлений колебаний будет соответствовать значению показателя преломления α.

[1] *L. J. Spencer*, The Gemmologist, 1937, vol. VI, p. 235.

Точно так же, если направление прохождения света — OQ, то в плоскости XOZ одни из колебаний будут параллельны OY и соответствующий отсчет будет равен β; при направлении же OR одна тень покажет отсчет, равный γ. При повороте камня каждая из двух теней движется между двумя предельными значениями. Наибольшее из них, конечно, γ, а наименьшее — α. Из двух промежуточных крайних отсчетов один соответствует β, а другой — частному значению показателя преломления для колебаний, параллельных ON — нормали к выбранной грани. Чтобы установить значение β, что необходимо для определения оптического знака, существует два пути. Можно провести наблюдение на другой, непараллельной грани и выяснить, какой из промежуточных крайних отсчетов окажется общим для обеих граней и, следовательно, будет соответствовать β. Однако оправа камня не всегда позволяет выполнить такую операцию, и в этом случае надо использовать поляроид (поляризационный фильтр), надеваемый на окуляр [1]. Все найденные значения (α, β, γ) относятся к колебаниям, параллельным трем перпендикулярным главным осям индикатрисы, но колебания, параллельные нормали ON случайного сечения, будут происходить в каком-то промежуточном направлении. Камень поворачивают до положения, дающего отсчет α, и соответствующая тень гасится с помощью поляризующей насадки; затем камень поворачивают до положения, дающего более низкий промежуточный предельный отсчет, после чего определяется угол поворота насадки, необходимый для того, чтобы погасить эту тень. Значение γ и верхнее промежуточное предельное значение определяются тем же способом. Если один из этих углов почти равен нулю, а другой имеет значительную величину, считается, что последний относится к колебаниям, параллельным ON. Однако на практике иной раз трудно установить положение погасания с точностью, достаточной для такого определения углов.

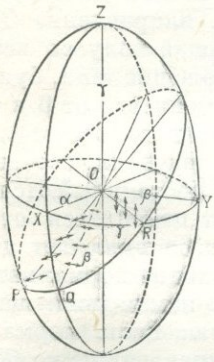


Рис. 70. Схема направлений колебаний света в плоскости случайного сечения двуосного кристалла.

Кроме того, теперь понятно, что для определения главных показателей преломления методом минимального отклонения необходимо, чтобы проходящий луч на конечном отрезке своего пути шел под прямым углом к одной из главных плоскостей индикатрисы. Поскольку на конечном участке ход луча симметричен относительно призмы, то используемые грани должны быть симметрич-

[1] *E. J. Burbage, B. W. Anderson*, Mineralogical Magazine, 1942, vol. XXVI, p. 251.

ны относительно одной из главных плоскостей. Это часто имеет место при пользовании естественной гранью кристалла; в то же время это маловероятно в случае искусственно нанесенных граней. Следовательно, метод минимального отклонения позволяет определить истинное значение ω одноосного камня, но для необыкновенного луча может в общем случае дать только какое-то промежуточное значение ε'. При исследовании двуосного камня две получаемые величины располагаются, как правило, где-то между α и γ — наименьшим и наибольшим из главных показателей преломления.

7
Цвет, дихроизм и спектры поглощения

Когда луч дневного света проходит через граненый камень, возникают цветовые эффекты, связанные с различными причинами. Самая очевидная из них — цвет камня, обусловленный тем, что камень обладает свойством избирательного поглощения проходящего через него света. Этот цвет характерен для данного камня и проявляется, хотя, возможно, и не очень четко, еще до огранки. В прозрачных камнях с цветом смешивается и эффект дисперсии, известный как «огонь», или игра света, о чем уже говорилось выше. Некоторые виды камней обладают свойством расщеплять падающий луч света на два луча, которые поглощаются по-разному. Это свойство, вызывающее таинственное мерцание таких камней и известное под названием «дихроизм», обсуждается в данной главе. Во многих случаях структура камней содержит разрывы сплошности или недостаточно однородна, и тогда возникают такие специфические эффекты, как опалесценция, эффект «кошачьего глаза», астеризм и шелковистый блеск; все эти явления описаны в предыдущих главах.

а. Цвет

Все твердые и жидкие вещества в той или иной мере поглощают свет. Если такое поглощение невелико и одинаково по всему видимому спектру, камень кажется бесцветным; если поглощение сильное, но оно одинаково во всех частях спектра, камень по-прежнему бесцветен и кажется серым. Но если различные части спектра поглощаются с разной интенсивностью, камень приобретает окраску, которая зависит не только от того, какие части спектра проходят через камень, но и от их интенсивности. Глаз в отличие от уха не способен к анализу и сам по себе не может определить, из чего образован сложный цвет. В сущности, любую окраску, различаемую глазом, можно получить, смешивая в требуемых пропорциях три главных исходных цвета: красный, зеленый и фиолетовый.

В связи с тем что наш глаз не способен анализировать цвет, камни могут казаться очень близкими по окраске, хотя образующий эту окраску свет составлен из разных частей спектра. В этом можно убедиться, наблюдая камни через подходящий фильтр: эффект будет различным. Один из двухцветных фильтров — фильтр

Челси (изобретен Андерсоном и Нейном), пропускающий узкую полосу в красной части спектра и такую же полосу в желто-зеленой части. Изумруд в отличие от других зеленых камней пропускает значительное количество красного света, и поэтому при наблюдении через фильтр Челси он кажется красным или розовым. Когда этот фильтр был впервые изготовлен (в начале 30-х годов), он предназначался специально для того, чтобы отличать естественный изумруд от других зеленых камней, например от зеленого корунда, зеленого турмалина, зеленого оливина (хризолита) или от пасты, которая кажется через фильтр зеленоватой. Последующий опыт показал, что такое испытание надо применять с осторожностью: ряд других естественных зеленых камней, таких, как демантоид и некоторые виды зеленых цирконов, через фильтр выглядят красноватыми в противоположность некоторым естественным изумрудам, содержащим железо. Синтетические изумруды всегда кажутся красными, и сама интенсивность этого цвета может быть иногда их отличительным признаком.

Фильтр Челси имеет и другое употребление. Синтетическая голубая шпинель кажется через него красной, а драгоценные камни, на которые она похожа по цвету (сапфир, голубой циркон и аквамарин),— зеленоватыми или сероватыми; поддельный «сапфир» из кобальтового стекла через фильтр выглядит красноватым. Рубин, как натуральный, так и синтетический, имеет при взгляде через фильтр характерный флюоресцирующий ярко-красный цвет. (Об использовании фильтров для изучения флюоресценции более подробно говорится на стр. 141.)

Как уже было сказано, видимый цвет камня зависит от того, какие части солнечного спектра поглощает этот камень. В этом отношении показателен пример александрита — разновидности хризоберилла. Среднюю часть спектра (желто-зеленую) александрит не пропускает, и проходящий свет образован сочетанием крайних цветов спектра: красного и фиолетового. При дневном свете такой камень выглядит зеленым, а при искусственном свете, в котором сильнее выражена красная часть спектра, равновесие сдвигается в другую сторону и цвет камня становится малиновым. Это удивительное явление осложнено сильным дихроизмом, характерным для данной разновидности хризоберилла.

В постоянстве цветов неорганический мир держит верх над органическим. Каждая опытная домохозяйка отлично знает, что надо закрывать ковры и другие ткани от яркого солнца, чтобы они не потускнели. Но как бы мы ни заботились об их сохранности, все равно самые яркие цвета со временем становятся серыми, как это видно по старинным гобеленам. С другой стороны, цвет драгоценных камней гораздо более устойчив, и, насколько можно судить по сопоставлению с только что извлеченным из породы материалом, окраска старинных ювелирных камней за истекшие столетия едва

ли изменилась. Есть, однако, и исключения. Например, розовая окраска камней сравнительно недолговечна: красный турмалин, пробыв на дневном свету около ста лет, заметно желтеет. Некоторые оттенки коричневого цвета, например цвет топазов из Сибири, на ярком свету полностью исчезают.

Цвет многих драгоценных камней можно изменить или даже совсем удалить нагреванием. Поскольку при этом ничто к камням не добавляется, причину такого явления надо искать в какой-то устойчивой перестройке атомов окрашивающего агента. Наиболее известный пример — прекрасный розовый топаз, который в течение долгого времени был излюбленным ювелирным украшением. В природе топазы розоватой окраски встречаются очень редко, но было обнаружено, что желтые камни из Бразилии, если их осторожно нагреть и охладить, приобретают постоянный розовый цвет. Некоторые цирконы, обработанные таким же способом, полностью обесцвечиваются; вследствие сильной дисперсии, или игры, света ограненные под бриллиант цирконы могут довольно успешно выдаваться за алмазы, однако светопреломление в цирконе не очень высокое, и значительная часть падающего света уходит из него через задние грани, что уменьшает яркость. С другой стороны, при иных условиях нагревания циркон становится тем привлекательным голубым камнем, который так красив в современных ювелирных изделиях. Менее известны другие примеры изменения цвета при нагревании: кварц из фиолетового (аметист) становится оранжевым, желтым и зеленым, а из дымчатого — желтым, берилл из бледно-зеленого — голубым, корунд из фиолетового и желтого — соответственно бледно-розовым и бесцветным. В целом можно сказать, что нагревание ослабляет окраску.

На цвет некоторых драгоценных камней действует радиоактивное облучение, если они окажутся рядом с радиоактивным веществом или будут специально обработаны в ядерном реакторе. Алмаз приобретает зеленый цвет, который при нагревании переходит в коричневый. Бесцветные корунд и кварц становятся бледно-коричневыми, примерно такой же оттенок появляется и у розового кварца. Облучение рентгеновскими лучами имеет временное действие.

Очевидно, можно найти много способов обработки пористых материалов, вроде агата и халцедона, поскольку поры могут заполняться любым посторонним веществом; с другой стороны, расположение частиц в таких веществах подчиняется форме пустот. Агат, который одно время широко использовался в ручках для зонтов и в других поделках, почти всегда подвергали окраске, так как серые тона и бледные оттенки естественного материала не привлекали взгляда. Искусство окрашивания агата и халцедона не ново, такая возможность была в какой-то степени известна еще древним римлянам. Вымочив подходящий кусок халцедона в меду

и подвергнув затем нагреву, они получали четкие черные полоски. В наши дни того же результата достигают, действуя парами серной кислоты на сахарный сироп, заполнивший пустоты. В обоих случаях конечный продукт напоминает ламповую сажу и имеет густую черную окраску. При простом нагревании куска, пропитанного сиропом, получают коричневый цвет. Поскольку в пустотах часто находится гидроокись железа, обработка теплой соляной кислотой дает лимонно-желтую окраску различной интенсивности; при обработке азотной кислотой получается красный цвет. Используя растворы солей никеля и хрома, можно получить яблочно-зеленую и травяно-зеленую окраску. Различные оттенки синего цвета возникают при пропитывании пустот железистосинеродистым калием и последующей обработке раствором сульфата железа, в результате чего образуется железистосинеродистое железо — так называемая берлинская лазурь. Халцедон, окрашенный таким способом, известен как «швейцарский», «немецкий» или «фальшивый» лазурит. Большое количество разнообразных цветовых оттенков можно получить с помощью анилина, но его использование для этой цели не рекомендуется, так как на солнце такая окраска быстро тускнеет.

Цвет драгоценных камней часто зависит от примеси окислов металлов, которые не входят в химическую формулу и присутствуют в таких малых количествах, что с трудом определяются даже при самом точном химическом анализе. Более чувствителен к этим примесям спектроскоп, и присутствие некоторых таких элементов можно обнаружить по полоскам в спектре пропускаемого камнем света. К наиболее эффективным красителям относятся следующие: железо, которое в окисном виде дает желтые оттенки, а в закисном — знакомый бутылочно-зеленый цвет; хром, окрашивающий в красный цвет, как в рубине, и в зеленый цвет, как в изумруде; медь, которая в соединении с гидроксилом создает окраску бирюзы (зеленоватая окраска бирюзы вызывается присутствием железа), диоптаза, азурита и малахита; титан, дающий голубой цвет; литий, с которым связана весьма неустойчивая розовая окраска; марганец, создающий красивые алые и розовые цвета, как в родоните и родохрозите. Важную роль в богатстве цветов драгоценных камней играют и другие элементы: ванадий, кобальт, никель, а также, возможно, галлий и цезий. Драгоценные камни можно назвать идиохроматическими [1], если окрашивающий агент входит в химическую формулу, и аллохроматическими [2], если он является примесью. Вопрос о спектрах поглощения обсуждается ниже.

[1] От греческих слов ἴδιος (собственный) и χρῶμα (цвет).

[2] От греческих слов ἄλλος (другой, иной) и χρῶμα (цвет). Слово «аллохроматический» используют также и в двух других значениях: 1) меняющий цвет или реагирующий на изменение цвета и 2) показывающий или видящий не те цвета, которые имеются на самом деле.

Цвет — наименее надежная характеристика для определения вида камня, так как существуют родственные виды, имеющие очень различную окраску, и очень далекие друг от друга виды, мало отличающиеся по цвету. Так, кварц, несмотря на простоту своего состава, весьма разнообразен по цвету, а рубин и альмандин могут показаться на первый взгляд очень похожими. Тем не менее некоторые камни специфически окрашены (наиболее наглядным примером может служить изумруд), а в других опытный глаз может обнаружить характерные тонкие оттенки цвета. Во всяком случае, цвет является самой наглядной из физических характеристик, и по цвету можно проводить грубую классификацию различных камней; в таблице, помещенной в части IV этой книги, драгоценные камни расположены в соответствии с их обычной окраской.

б. Дихроизм

Два луча, на которые двупреломляющий камень расщепляет падающий луч света, часто поглощаются этим камнем по-разному, вследствие чего по выходе из камня они имеют разный цвет; такое явление называется дихроизмом. Среди драгоценных камней самый наглядный пример дихроизма дает темно-коричневый турмалин, который совершенно непрозрачен для обыкновенного луча, кроме как в очень тонких срезах. Свет, прошедший через пластинку турмалина, вырезанную параллельно кристаллографической оси, оказывается плоскополяризованным; до изобретения Николем призмы, носящей теперь его имя, для получения поляризованного света служила турмалиновая пластинка. Подобным же образом полное поглощение одного из двух лучей вызывает поляризацию света в искусственном материале, который называют поляроидом. В кунците и кордиерите различие в цвете двух лучей настолько ярко выражено, что его видно невооруженным глазом; кунцит с его привлекательным сиреневым оттенком — прекрасный пример дихроизма.

В тех случаях, когда различие между цветами не столь очевидно, надо использовать прибор, называемый дихроскопом, в котором оба луча располагаются рядом друг с другом и их можно, таким образом, сравнивать непосредственно. На рис. 71 показано устройство такого прибора в разрезе. Прибор состоит из трубы, в которую помещен ромбоэдрический кусок исландского шпата S такой длины, чтобы можно было получить два соприкасающихся изображения (рис. 72) квадратного отверстия H, расположенного на переднем конце трубы. В некоторых приборах торцевые грани ромбоэдрической призмы сточены под прямым углом к продольной оси, но чаще с обоих концов ромба приклеивают стеклянные

призмы G, как это показано на рис. 71. На конце трубы укрепляется насадка C с круглым отверстием несколько большего размера. Эта насадка может двигаться вдоль трубы или навинчиваться на нее на нужное расстояние. Подвергаемый испытанию камень R можно непосредственно прикрепить к насадке воском или цементом, так чтобы проходящий через камень свет попадал в отверстие H прибора. Одновременно насадка позволяет поворачивать камень вокруг оси трубы прибора. Дихроскоп, показанный на рис. 71,

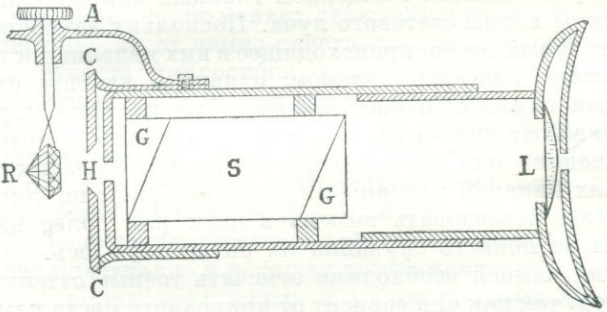


Рис. 71. Дихроскоп (в натуральную величину).

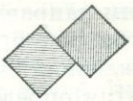


Рис. 72. Поле зрения дихроскопа.

имеет еще более удобное устройство: он снабжен приспособлением A, посредством которого камень можно поворачивать вокруг оси, перпендикулярной продольной оси трубы, и исследовать его, таким образом, в разных направлениях. На другом конце главной трубы помещена линза L с небольшим увеличением для наблюдения сдвоенных изображений; содержащая эту линзу короткая труба может фокусироваться, двигаясь в главной трубе. Многие изготовители теперь помещают ромбоэдрическую призму близко к линзе L и тем самым получают возможность использовать кусочки исландского шпата гораздо меньшего размера: материал, пригодный для оптических исследований, долгое время был весьма дефицитным.

Предположим, что пластинка турмалина, вырезанная параллельно кристаллографической оси, прикреплена к насадке дихроскопа и последняя поворачивается. Глядя через трубу прибора, мы заметим, что в ходе полного оборота возникают два положения (под прямым углом друг к другу), при которых цвет двух изображений одинаков; положение наибольшего контраста находится на полпути между ними. Если мы исследуем одноосный камень в направлении, идущем под прямым углом к его оптической оси, мы получаем цвета, соответствующие обыкновенному и необыкновенному лучам. В любом направлении, идущем под меньшим наклоном к этой оси, мы по-прежнему получаем цвет,

соответствующий обыкновенному лучу, но другой цвет оказывается промежуточным между первым и тем, который соответствует необыкновенному лучу.

При исследовании двуосного камня возникает гораздо более сложное явление. Образуются три главных цвета, наблюдаемые в различных пáрах в трех главных направлениях; во всех иных направлениях видны цвета, промежуточные по отношению к главным. В камнях с низкой кристаллографической симметрией это явление еще более усложняется смещением главных направлений при изменении длины волны светового луча. Поскольку двуосные камни имеют три главных цвета, происходящее в них явление часто называют трихроизмом, или плеохроизмом; однако в каждом отдельном сечении эти камни обладают только двумя цветами, или, иначе говоря, проявляют дихроизм. В тех направлениях, в которых камни оказываются однопреломляющими, или в близких к таким направлениях никакой разницы в цветах не будет; поэтому всегда рекомендуется исследовать камень в двух или более направлениях, чтобы не попасть случайно на оптическую ось.

Для определения камней необходимо отмечать точные оттенки сопряженных цветов, так как они зависят от природного цвета камня и, следовательно, непостоянны даже для камней одного и того же вида; важно указать, имеются ли какие-либо изменения цвета, и если такие изменения есть, то насколько они велики. Дихроизм — результат двупреломления, и он не может существовать в изотропном камне. Однако обратное утверждение было бы неверно: ни в коем случае нельзя считать, что если дихроизма в камне нет, то он изотропен. Так, дихроизма нет в бесцветных камнях, но и во многих окрашенных двупреломляющих драгоценных камнях, например в некоторых цирконах, дихроизма тоже нет или он настолько мал, что его трудно увидеть. Это свойство всегда проявляется тем лучше, чем сильнее природная окраска камня. Например, в темно-зеленом александрите дихроизм гораздо сильнее, чем в светлых разновидностях хризоберилла.

Если исследуемый камень прикрепляется к насадке дихроскопа или каким-то иным способом помещается перед его отверстием *H*, табличку камня надо повернуть к прибору, чтобы убедиться, что свет, попадающий в прибор, действительно проходит через камень. Если противоположный угол пропускает слишком мало света, то это затруднение можно преодолеть, поместив на нужное место каплю масла. По указанным выше причинам важно исследовать камень и в направлениях, как можно больше отличающихся от перпендикуляра к ободку. Удобный, хотя и не очень точный, способ — положить камень табличной гранью на какую-нибудь подставку и исследовать свет, входящий в камень и отражающийся от этой грани. Камень можно поворачивать на подставке и, таким образом, проводить наблюдения в различных направлениях. Необ-

ходимо следить за тем, чтобы в случае фасетной огранки камня не принять изменение окраски, связанное с дисперсией света, за проявление дихроизма.

Испытание на дихроизм эффективно для рубина, так как его цвета — пурпурный и желтовато-красный — заметно отличаются один от другого, и по этому признаку рубин можно легко отличить от других красных камней. Один из цветов сапфира имеет значительно более заметный желтоватый оттенок, чем другой, и это используется для выделения сапфира среди других синих камней; например, изотропная голубая шпинель при испытании на дихроизм, конечно, не меняет свою окраску, а синий циркон изменяется по окраске от темно-синего до почти бесцветного.

Вместо дихроскопа можно воспользоваться поляроидом, но он менее удобен, так как через него проходит только один луч. Поэтому необходимо выяснять, меняется ли окраска, если пластинку поворачивать параллельно ее плоскости, и насколько велико это изменение. Поскольку два проходящих луча нельзя сравнивать одновременно, слабый дихроизм можно и не заметить. До некоторой степени эту трудность можно преодолеть, используя две пластинки, в которых колебания пропускаемых лучей перпендикулярны друг другу, и добиваясь того, чтобы обе они освещались одним и тем же пучком света.

в. Спектры поглощения

Изучение света, проходящего через окрашенный камень, имеет большое значение. Как отмечалось выше, глаз не способен анализировать свет, и для разложения проходящего луча на составные части используют прибор, известный под названием спектроскопа. Небольшой прибор прямого видения имеет для этого достаточно высокую дисперсию. В приборах, где используется дифракционная решетка, интервалы в образующемся спектре, соответствующие одинаковым разностям длин волн, одинаковы. В призматических приборах интервалы уменьшаются с увеличением длины волны и соответственно красный конец спектра относительно сжат, однако освещенность в этом типе приборов значительно выше, и бледные линии увидеть легче, особенно в синей и фиолетовой частях спектра, где спектр растянут.

Чтобы получить достаточно ясный спектр поглощения, требуется хорошее освещение исследуемого камня. Подходящий способ — положить камень табличкой вниз на столик микроскопа и сфокусировать на камне свет от источника с помощью расположенного под этим столиком конденсора. Окуляр убирают, а на его месте укрепляют или просто держат спектроскоп прямого видения, так чтобы его щель располагалась в фокальной пло-

скости; при этом микроскоп фокусируют, чтобы поле зрения было полностью освещено. Если камень имеет слишком высокое светопреломление и не позволяет достаточному количеству света проходить через его основание, этот камень надо поместить в масло; если нет соответствующей ванночки, то несколько капель масла можно нанести на основание камня.

Если с помощью спектроскопа изучать обычный белый свет, то щель спектроскопа будет выглядеть как широкая лента, на одной стороне которой окраска будет фиолетовой, сменяющейся затем различными оттенками зеленого и желтого цвета, а на другой стороне — красной. В действительности, однако, спектр не кончается там, где мы это видим, — ни с той, ни с другой стороны; просто наши глаза чувствуют свет только в этих границах. Лента спектра похожа по виду на поперечное сечение радуги, которая также образуется в результате дифракции света. За пределами видимого спектра с обеих сторон обнаружено много «октав» излучения. После фиолетовой части идут лучи (ультрафиолетовые), оказывающие сильнейшее воздействие на обычную фотографическую пластинку, затем рентгеновские (*X*-лучи) и космические лучи. За пределами красной части спектра идут тепловые (инфракрасные) лучи, которые мы ощущаем кожей, хотя и не видим, а с увеличением длины волны мы переходим к электромагнитным волнам, используемым в радиотехнике. Здесь уместно, вероятно, сделать предостережение. Лучи с малыми длинами волн, находящиеся за пределами фиолетовой части видимого спектра, в отличие от длинноволновых инфракрасных лучей нельзя заметить с помощью наших органов чувств, что хорошо знают по своим болезненным ощущениям те, кто неблагоразумно подвергал себя воздействию сильного солнечного света. Серьезнее может оказаться результат воздействия еще более коротковолновых лучей, и тем, кто намеревается применять рентгеновское оборудование, обязательно надо получить предварительные инструкции по работе с ним, даже если изготовители предусмотрят необходимые меры против неправильного использования и опасных случайностей.

Длины волн различных видов излучения, мм

Радиоволны	$2\,000\,000 \div 3$
Инфракрасные лучи	$3 \div 0{,}00078$
Видимый свет	$(7800 \div 3800) \cdot 10^{-7}$
Ультрафиолетовые лучи	$(3800 \div 10) \cdot 10^{-7}$
Рентгеновские лучи	$(10 \div 1) \cdot 10^{-7}$
Гамма-лучи	$(100 \div 1) \cdot 10^{-9}$
Космические лучи	$(100 \div 1) \cdot 10^{-11}$

Длины волн световых лучей из-за их очень малой величины неудобно выражать в обычных единицах, и для них используется гораздо меньшая единица, называемая ангстремом (Å) (по фами-

лии шведского физика Ангстрема). Один ангстрем равен 10^{-7} мм, т. е. 10 млн. ангстремов составляют 1 мм.

Хотя видимый спектр можно описать как переход от фиолетового цвета на одном конце через зеленый и желтый цвет к красному на другом конце, переход от одного оттенка к другому происходит настолько незаметно, что вопрос, где провести ту или иную границу, чаще всего зависит от субъективного мнения; таким образом, величины, указанные в помещенной ниже таблице, надо считать только приблизительными. Солнечный спектр содержит линии поглощения, связанные с прохождением лучей света через пары различных веществ главным образом в атмосфере Солнца, но также и в воздушной оболочке Земли. Чаще всего эти линии обозначаются особыми буквами; впервые такие обозначения ввел физик Фраунгофер. Соответствующие длины волн точно определены.

Приблизительные диапазоны главных цветов видимого спектра и длины волн главных фраунгоферовых линий, Å

Красный	7800—6400	*A*	(O)	7606
		B	(O)	6870
Оранжевый	6400—5950	*C*	(H)	6563
		D_1	(Na)	5896
Желтый	5950—5700	D_2	(Na)	5890
		E	(Fe)	5270
Зеленый	5700—4900	b_1	(Mg)	5184
		b_2	(Mg)	5173
Голубой	4900—4500	b_4	(Mg)	5168
		F	(H)	4861
Синий	4500—4250	*G'*	(H)	4241
		G	(Ca, Fe)	4308
		g	(Ca)	4227
Фиолетовый	4250—3800	*h*	(H)	4102
		H	(Ca)	3969
		K	(Ca)	3934

Линии натрового дублета располагаются так близко одна к другой, что их едва ли можно различить с помощью обычного малого спектроскопа, и, как правило, этим различием пренебрегают; точно так же соответствующие яркие линии натрового спектра можно считать одной линией. Другое важное обстоятельство состоит в том, что линии *B* (у красного конца спектра) и *G* (у фиолетового конца) лежат недалеко от границ хорошо видимого спектра, поэтому они выбраны как стандартный интервал для оценки дисперсии света у драгоценных камней. Как указано в одной из предыдущих глав, используются также значения, соответствующие интервалу между линиями *C* и *F*, так как этот интервал принят как стандарт для оптических стекол.

Способность поглощать свет всех окрашенных двупреломляющих веществ в той или иной мере меняется в зависимости от на-

правления, по которому через них идет свет, причем диапазон этого изменения связан с величиной дихроизма, характерной для этих веществ, но вариации цвета, как правило, бывают незаметны, если только дихроизм не оказывается сильным. Если теперь исследовать свет, прошедший через окрашенный камень, с помощью спектроскопа, можно увидеть, что спектр пересечен вертикальными темными полосами: либо широкими, с размытыми краями, либо узкими, резкими. О камнях, для которых характерен второй тип спектра, говорят, что они дают четкие полосы поглощения. Впервые на эти полосы в спектре циркона обратил внимание в 1866 г. Черч [1]. Полосы в спектре циркона изучал также Сорби [2]. Вначале он подумал, что они свидетельствуют о присутствии какого-то нового элемента, которому он дал название «жаргоний» (от слова «жаргон» — названия соломенно-желтого циркона.— Перев.), но затем обнаружил, что полосы вызваны мельчайшей примесью урана. В последние годы спектры поглощения драгоценных камней привлекают все большее и большее внимание; как было установлено, они имеют важное значение для идентификации описанных ниже камней [3].

На первом месте здесь идет циркон, потому что его спектр поглощения, как мы уже отмечали, был изучен раньше, чем спектры других описываемых драгоценных камней, и потому что он по-прежнему заметно выделяется этой особенностью. Далее мы коснемся спектров поглощения, которые можно связать с присутствием хрома, затем тех, в которых главную роль играет железо, и наконец тех, причина которых до сих пор неизвестна или предполагается без должной уверенности. В качестве дополнения описываются спектры поглощения синтетических и поддельных камней.

1. Спектр поглощения циркона

В спектре поглощения циркона имеются следующие главные полосы [4]: 6910 (ч.), 6830 (у.), 6625 (у.), 6535 (о. ч.), 6210 (у. с.), 6150 (у. с.), 5895 (ч.), 5625 (ч.), 5375 (ч.), 5160 (у.), 4840 (ч.), 4325 (ч.).

Спектр поглощения циркона (фото 19), если он хорошо выражен, нагляднее, чем спектр любого другого драгоценного камня.

---

[1] *Arthur Herbert Church*, Micro-spectroscope investigations, Intellectual Observer, 1866, vol. 9, p. 291.

[2] *Henry Clifton Sorby*, On jargonium, a new elementary substance associated with zirconium, Proc. Roy. Soc., 1869, vol. 17, p. 511—515.

[3] Сведения о спектрах поглощения получены от Андерсона и Пейна. См. также многочисленные статьи этих авторов в The Gemmologist, 1953, vol. XXII и дальше.

[4] Длины волн выражены в ангстремах. Буквы в скобках означают следующее: о. ч.— очень четкая, ч.— четкая, у.— умеренная, у. с.— умеренно слабая, с.— слабая.

В самом деле, зеленовато-коричневые камни из Бирмы дают в видимой части спектра не меньше 36 полос. Самые четкие полосы — в спектрах цирконов с острова Шри Ланка (Цейлон); максимальное количество полос у этих камней 14, из них самые заметные 12 перечислены выше. Полоса с длиной волны 6535 — наиболее четкая и устойчивая, вследствие чего она имеет важнейшее значение для целей определения голубых и белых камней, столь популярных в настоящее время: эта полоса обязательно присутствует в виде узкой линии в красной части спектра, но иногда она оказывается такой бледной, что может ускользнуть от неопытного глаза. Независимо от того, развит ли спектр поглощения циркона частично или полностью, он настолько своеобразен, что с его помощью этот камень можно определять вполне уверенно; ценность такого испытания будет особенно ясна, если вспомнить, что в этом случае показатели преломления выходят за пределы диапазона обычного рефрактометра. С другой стороны, следует помнить, что отсутствие характерного спектра поглощения еще не позволяет сделать окончательный вывод, поскольку некоторые цирконы, особенно красные, могут вообще не давать никаких полос.

2. Спектры поглощения, связанные с хромом

Спектры поглощения, обусловленные присутствием хрома, имеют чрезвычайно своеобразный облик и характерны для ряда драгоценных камней. Эти камни можно разделить на две группы, а именно на группу красных и группу зеленых минералов [1]. Обе группы имеют две общие узкие линии, образующие дублет, в красной части спектра, широкую абсорбционную полосу в оранжевой или в желтой и зеленой частях, а также четкую полосу поглощения в фиолетовой части спектра. Узкие полосы, помимо дублета, можно увидеть в красной части спектра, а в некоторых случаях и в голубой.

а. Группа красных камней. *1. Рубин.* Главные полосы в спектре поглощения рубина: 6942, 6928 (дублет, о. ч.), 6590 (у.), 5950—5200 (о. ч.), 4765 (о. ч.), 4750 (ч.), 4685 (о. ч.).

Рубин имеет особенно характерный спектр поглощения. Дублет в красном цвете обратим: на темном фоне в рассеянном свете он выглядит как пара ярких линий. Это явление возникает благодаря сильной флюоресценции рубина, которая возбуждается фиолетовыми или ультрафиолетовыми лучами и проявляется пре-

[1] Детальное изучение спектров поглощения минералов, окрашенных хромом, дано в статье: *В. В. Плюхин, Д. Г. Свиридов, Н. В. Белов*, Зависимость окраски минералов от их кристаллической структуры (на примере минералов с трехвалентным хромом), Минер. сб. Львовского унив., 1967, 62, № 21, с. 126—133.— *Прим. ред.*

имущественно двумя линиями этого дублета. Только в прямом проходящем свете эти линии оказываются темными, т. е. линиями поглощения. Флюоресцирующий дублет в корунде — настолько чувствительный индикатор присутствия хрома, что его можно увидеть и в разновидностях другого цвета, например в пурпурных или лиловых сапфирах и даже в тех синих сапфирах, которые в искусственном свете приобретают пурпурный оттенок. Кроме того, для рубина характерны (и важны для его идентификации) три линии в синем цвете, так как ни шпинель, ни пироп не дают в этой части спектра никаких линий.

2. Красная шпинель. Главные полосы в спектре поглощения красной шпинели: 6855, 6840 (дублет, у. с.), 6560 (с.), 5950—4900 (о. ч.).

Этот спектр поглощения характерен только для чистой красной шпинели; он довольно плохо выражен в розовой шпинели, но в этом случае иногда появляются линии флюоресценции, хотя они не столь четки и не так чувствительны, как в случае рубина, и, кроме того, не соответствуют точно ни одной из полос. Следует заметить, что если в рубине дублет на красном конце спектра кажется в небольшом спектроскопе одной резкой линией, то в шпинели имеется система из пяти линий, из которых две самые сильные (6870 и 6750) образуют четкую пару, отделенную от других линий; флюоресценция видна только в розовой шпинели. Спектр поглощения включает, кроме сравнительно слабого дублета, несколько тонких линий в красном и оранжевом цветах; самая четкая из них указана в приведенном выше перечне; поглощение в желтом и зеленом цветах очень сильное.

Надо отметить, что цвет многих красноватых шпинелей связан главным образом не с хромом, а с другими элементами, и такие камни не дают того спектра поглощения, который здесь описан.

Голубая шпинель рассматривается ниже.

3. Пироп. Главные полосы в спектре поглощения пиропа: 6870 (с.), 6850 (дублет, с.), 6200—5200 (о. ч.).

Дублет в красном цвете может быть настолько слабым, что при определении пиропа на него полагаться нельзя. С другой стороны, широкая полоса в желтом и зеленом цветах видна очень четко; она хорошо отличается от такой же полосы в спектре поглощения шпинели, так как располагается ближе к красному цвету.

Пироп из Чехии не так прозрачен в голубой части спектра, как пироп из Аризоны или Кимберли, поэтому окраска чешского пиропа ценится ниже, чем у двух других видов. Следует заметить, что кроме полос, связанных с хромом, в спектре поглощения, характерном для всех пиропов из Чехии и часто встречающемся также у пиропов из двух других районов, видна главная «альмандиновая» полоса — 5050.

Необходимо подчеркнуть, что описанный здесь спектр поглощения характерен для пиропа, цвет которого связан в основном с хромом; в то же время бледные красновато-фиолетовые гранаты, относящиеся к пироп-альмандиновому ряду, например родолит и разновидность с Цейлона, неправильно называемая кандийской шпинелью, имеют слабый альмандиновый, а не типичный для хрома спектр поглощения.

4. Розовый топаз. В спектре поглощения розового топаза иногда можно заметить бледную линию на красном конце спектра с длиной волны 6820. Вероятно, это дублет, состоящий из неразличимых линий, по аналогии с четкими дублетами в спектрах рубина, изумруда и т. д. Как и в большинстве других спектров, связанных с присутствием хрома, эта линия обратима, т. е. ее можно видеть как яркую линию флюоресценции, если камень освещен и рассматривается под углом к лучам света.

Помимо того что длина волны этой линии меньше, сама бледность линии не позволяет спутать ее с ярким флюоресцирующим дублетом, видимым в спектре розового сапфира.

б. Группа зеленых камней. *1. Изумруд.* У изумруда спектры поглощения, соответствующие показателям преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, различаются между собой, и главные полосы в них следующие:

обыкновенный луч: 6820, 6795 (дублет, у. ч.), 6370 (у.), 6300—5800 (у.);
необыкновенный луч: 6820 (ч.), 6795 (у. ч.); 6620 (у.), 6460 (у.).

Это типичный зеленый спектр поглощения хрома. Как здесь указано, у изумруда реально существуют два спектра поглощения, так как обыкновенный (желто-зеленый) и необыкновенный (сине-зеленый) лучи явно различны. Две линии дублета в красном цвете четко отделяются одна от другой даже с помощью малого спектроскопа; они видны для обоих лучей, но для необыкновенного луча их интенсивности слегка различны. Широкая полоса поглощения в оранжево-желтом цвете совсем не такая четкая, как в красном спектре поглощения хрома; в случае необыкновенного луча она такая бледная, что практически неразличима. В некоторых образцах видны бледные линии в голубой части спектра.

Этот спектр поглощения чрезвычайно характерен для изумруда и используется для его определения; при этом надо помнить, что синтетический изумруд имеет такой же спектр поглощения, а тонкозернистый прозрачный зеленый жадеит (см. ниже) — очень похожий.

2. Александрит. В случае александрита, в котором хорошо проявляется дихроизм, спектры поглощения, соответствующие главным направлениям индикатрисы, т. е. ее осям, четко отличаются один от другого. Мы опишем здесь два спектра, соответствую-

щие зеленому лучу (медленному, т. е. с наибольшим показателем преломления) и пурпурному лучу (быстрому, с наименьшим показателем преломления). Главные полосы в этих двух спектрах следующие:

зеленый луч: 6795 (о. ч.), 6774 (у.), 6650 (с.), 6550 (у. с.), 6490, 6450 (у. с.), 6400—5550 (у. ч.);
пурпурный луч: 6795 (с.), 6774 (ч.), 6550 (у. с.), 6450 (у. с.), 6050—5400 (у. ч.).

Спектр поглощения александрита можно считать промежуточным между красным и зеленым типами спектров поглощения хрома. В целом зеленый луч дает такой же спектр поглощения, как и пурпурный, но значительно богаче. Наибольшее различие между ними заключается в присутствии в красной части спектра широкой полосы поглощения, которая у́же и смещена к зеленому цвету и благодаря которой возникает столь четкий цветовой контраст между этими двумя лучами.

Спектр поглощения оранжевого луча (средний показатель преломления) невыразителен, а дублет в красной его части довольно бледный.

Как изумруд и рубин, так и александрит дают линии в голубой части спектра поглощения, но они очень слабые; четче всего они выражены в спектре поглощения пурпурного луча.

3. Жадеит. Главные полосы в спектре поглощения жадеита: 6915 (ч.), 6550 (у.), 6300 (с.), 4370 (ч.), 4330 (с.).

Полоса с центром 6915 — это почти определенно дублет, состоящий из линий 6940 и 6890, но границы их размыты, и отделить их друг от друга не удается. Так же плохо ограничены и две другие полосы. Этот спектр поглощения характерен только для очень ценного зеленого жада. Кроме указанных полос, имеется четкая узкая полоса 4370 в фиолетовом цвете; она видна в спектре просвечивающего жадеита любого цвета, но четче всего проявляется у его бледно-лиловой разновидности. Еще одна, но более слабая — полоса 4330. Эти полосы почти определенно связаны с окисным железом и очень похожи на полосы в спектрах желтых разновидностей близкого минерала сподумена.

Можно заметить, что спектр поглощения нефрита имеет темную полосу 6890 и полосу 6630, что указывает на присутствие хрома.

В некоторых других драгоценных камнях, например в хромдиопсиде, демантоиде, голубом кианите и некоторых видах энстатита, также можно увидеть следы полос хрома.

3. Спектры поглощения, связанные с железом

а. Группа окисного железа. *1. Сапфир (зеленый и голубой).* В спектре поглощения зеленого и голубого сапфира главные полосы 4710 (у.), 4600 (у. ч.), 4500 (о. ч.).

Этот спектр близок к спектру зеленого корунда; полосы 4600 и 4500 выглядят в нем как единая полоса большой интенсивности, распространяющаяся от 4630 до 4470. Из перечисленных трех полос наиболее устойчива полоса 4500: она почти всегда видна, хотя бы и слабо, в спектре голубых сапфиров; эта полоса никогда не появляется у синтетических камней, и если она присутствует в спектре поглощения какого-либо камня, можно не сомневаться в его естественном происхождении. В случае голубых сапфиров, действительно чистых по цвету, желтая часть спектра может быть поглощена.

2. Андрадит (демантоид). В спектре поглощения андрадита главная полоса — около 4430 (о. ч.).

Андрадит дает в своем спектре поглощения очень четкую полосу с центром 4430, которая связана с окисью железа и может быть поэтому названа идиохроматической, так как железо входит в формулу граната андрадита; все рассмотренные ранее полосы были аллохроматическими.

Прекрасный зеленый цвет демантоида — разновидности андрадита связан главным образом с хромом. Соответственно в его спектре поглощения имеется, как указывалось раньше, сильное поглощение в фиолетовой части. Это четко проявляется в случае камней среднего качества, спектр которых резко обрывается около 4470. У демантоида, чрезвычайно богатого хромом, даже этот эффект может быть выражен слабо, но в случае таких камней можно наблюдать две связанные с хромом туманные полосы 6400 и 6220 в оранжевой части спектра.

3. Хризоберилл. В спектре поглощения хризоберилла (но не александрита) главная полоса — около 4440 (ч.).

Эта полоса лучше всего видна у коричневого хризоберилла с Цейлона; ширина полосы в этом случае составляет около 250 Å; вместе с ней можно увидеть слабые расплывчатые полоски 5040 и 4860. В случае желтого хризоберилла видна только полоса 4440 умеренной четкости и меньшей ширины — всего около 100 Å.

Спектр поглощения александрита уже описан.

4. Эпидот. В спектре поглощения эпидота видны две главные полосы: 4750 (ч.) и 4550 (ч.), если только общее поглощение в синей части не слишком велико.

б. Группа закисного железа. *1. Альмандин.* В спектре поглощения альмандина главные полосы 5760 (ч.), 5270 (ч.), 5050 (о. ч.) и 4620 (у.).

Спектр поглощения граната альмандина был упомянут Черчем в 1866 г. в том же сообщении, в котором он описал полосы в спектре циркона. Три полосы в зеленой части спектра — очень четкие и широкие, и в случае настоящего альмандина две из них 5270 и 5050 разделить очень трудно. Многие пиропы имеют те же три устойчивые полосы; нередко они видны и в случае гессонитов

с Цейлона. Кроме этих полос, в видимой части спектра можно выделить еще четыре: широкую слабую полосу в оранжевом цвете 6170, узкую слабую полосу в голубом 4760, еще одну 4380 и более широкую 4270 (обе в синей части). Кроме того, имеются еще две полосы сразу же за пределами видимого спектра.

2. Хризолит (оливин, перидот). В спектре поглощения хризолита главные полосы 4910 (у. ч.), 4730 (у. ч.), 4530 (у. ч.).

Этот спектр характерен для хризолита и может использоваться для его определения. Полосы появляются при любой ориентировке камня, но особенно хорошо выделяются, когда наблюдения проводят в направлении, соответствующем среднему показателю преломления.

3. Сингалит. Спектр поглощения недавно открытого драгоценного минерала сингалита очень похож на спектр оливина; это способствует тому, что эти два минерала часто путают. Сингалит дает полосы 5260 (с.), 4930 (у. ч.), 4750 (у. ч.), 4630 (у. ч.), 4520 (у.); спектр обрывается у 4350 (ч.).

Отличие спектра сингалита от спектра оливина состоит в появлении полосы 4630, отсутствующей у оливина.

4. Голубая шпинель. В спектре поглощения голубой шпинели главные полосы — 4800 (у. ч.) и 4590 (ч.).

Полный спектр поглощения голубой шпинели содержит не меньше десяти полос, большинство которых, однако, весьма расплывчатые. Полоса 4590 очень устойчива и видна даже в том случае, если шпинель содержит меньше 2% окиси железа.

5. Энстатит и диопсид. Спектр поглощения энстатита очень характерен благодаря появлению четкой узкой абсорбционной полосы 5060 в зелено-голубой части. Особенно хорошо она видна у коричневого энстатита из Бирмы; в спектре этих камней видна, кроме того, более широкая, относительно четкая полоса 5480; в голубой части спектра также есть расплывчатые полосы.

Некоторые разновидности диопсида, в особенности красивый хромдиопсид из Бирмы, дают спектр, очень похожий на спектр энстатита, но вместо одной четкой линии в зелено-голубой части спектра видны две, примерно одинаковой интенсивности — 5080 и 5050. Цвет зеленого энстатита, как и цвет хромдиопсида, обусловлен отчасти присутствием хрома, и в их спектрах имеются связанные с этим элементом плохо различимые узкие полосы в красном цвете.

4. Спектры поглощения, связанные с марганцем

Минералы, цвет которых обусловлен присутствием марганца, имеют, как правило, розовую или оранжевую окраску. Их спектры поглощения довольно типичны: они содержат полосы в синих и фиолетовых цветах, причем четкость полос возрастает по мере

уменьшения длин волн. В некоторых случаях на фотографиях видны, кроме того, полосы в ультрафиолетовой части спектра.

1. Спессартин. Редкий и красивый марганцевый гранат спессартин часто дает более или менее четкие полосы, характерные для альмандина, так как в его составе обычно присутствуют и молекулы железистого граната. Отличительные полосы в спектре спессартина — две весьма слабые полосы 4950 и 4845 в голубой части и более четкая полоса 4620. Последнее, что можно увидеть в спектре,— это часто широкая полоса 4320, но в некоторых случаях еще более четкие и довольно узкие полосы 4240 и 4120, причем полоса 4120 особенно интенсивна.

2. Родонит и родохрозит. Розовый марганцевый силикат родонит и очень похожий на него по облику карбонат родохрозит, используемые как поделочные камни, также дают полосы поглощения, характерные для марганца. К сожалению, в просвечивающих образцах, встречающихся чаще всего, в каждом случае можно увидеть только одну широкую полосу в зеленом цвете около значения 5500. Даже в тех редких случаях, когда эти минералы прозрачны и можно наблюдать следующие полосы в синем и фиолетовом цветах, они настолько похожи, что современные методы не позволяют их различить.

5. Спектры поглощения неизвестного происхождения

1. Алмаз. В капских алмазах, имеющих окраску от белесого до глубокого желтого цвета, обычно видна узкая полоса 4155 в крайней фиолетовой части спектра. Сильнее всего она выражена в камнях с заметной желтоватой окраской, и тогда эта полоса вполне отчетлива. В этом случае она сопровождается другими полосами, из которых наибольшее значение имеет полоса 4785. Отмечены более слабые полосы 4650, 4520, 4350 и 4230. Интересно, что желтые алмазы, которые продаются как «самые модные» камни, не дают этой серии полос, хотя иногда бывает видна полоса 4155.

В коричневых алмазах и в зеленоватых камнях, обладающих зеленой флюоресценцией в ультрафиолетовых лучах, часто можно заметить неясную линию 5040 в зелено-голубом цвете; иногда рядом с ней оказываются другие, еще более слабые линии. Линия 5040 иногда проявляется с большой четкостью в алмазах, которые приобрели зеленую или коричневую окраску в результате облучения атомными частицами, но, как выяснилось, это зависит от характера термической обработки после облучения и не может служить надежным диагностическим признаком обработанных алмазов.

Указанные выше линии или полосы в алмазе не связаны, как теперь считают, с примесями в камне, а имеют структурное происхождение.

2. Сподумен. В спектре поглощения сподумена главные полосы 4380 (ч.) и 4320 (ч.).

В фиолетовой части спектра сподумена видны две резкие узкие полосы. Их присутствие достаточно для идентификации желтовато-зеленого сподумена. Они плохо видны в гиддените из-за присутствия хрома и не видны в спектре кунцита.

3. Турмалин. Спектр поглощения турмалина не характерен. Как и в случае других минералов с изменяющейся окраской, спектр поглощения турмалина меняется в зависимости от цвета.

Красный и розовый турмалины дают в зеленой части спектра широкую полосу поглощения, которая, как оказалось, меняет свое положение, и две узкие полосы 4580 и 4510 в голубой части спектра. Этот спектр поглощения имеет некоторое сходство с красным спектром хрома, за исключением того, что здесь отсутствуют тонкие линии в красном цвете, но эти турмалины не содержат даже следов хрома.

В случае зеленого и голубого турмалинов красный конец спектра обрезан от 6400; видна также узкая полоса 4980 в зеленом цвете и слабая туманная полоса 4610 в синем цвете.

6. Спектры поглощения синтетических камней, стекол и дублетов

а. Синтетические камни. *1. Синтетический корунд.* Спектр поглощения синтетического рубина также связан с присутствием хрома и практически идентичен спектру натурального камня, за исключением того, что при одинаковой глубине окраски полосы видны более четко. В случае синтетического сапфира, при изготовлении которого используется железо, а также титан, при росте булькн железо, по-видимому, испаряется и следов полос железа в синей части спектра не видно (тогда как у природных камней самая четкая из этих полос 4500 обнаруживается почти всегда). Синтетический корунд типа александрита, не имеющий природного аналога, окрашен ванадием, и в его спектре поглощения имеется узкая линия 4750 в голубом цвете, что позволяет распознать этот камень.

2. Синтетическая шпинель. Цвет синтетических голубых шпинелей обусловлен присутствием кобальта, поэтому они имеют характерный спектр поглощения, главная особенность которого заключается в трех широких полосах около 6330 (в оранжевой области), 5800 (в желтой) и 5440 (в зеленой); интенсивность этих полос зависит от глубины цвета камня. Синтетические желтые и желтовато-зеленые шпинели дают неясную полосу 4480 и узкую, но более четкую полосу 4250 в сине-голубой части спектра; в то же время некоторые из голубоватых разновидностей дают эти полосы вместе с полосами, обусловленными присутствием кобальта. Эти полосы

связаны с марганцем, который в желтовато-зеленых синтетических шпинелях под действием ультрафиолетовых лучей создает также и сильную зеленую флюоресценцию.

3. Синтетический изумруд. Спектр поглощения, создаваемый синтетическим изумрудом, идентичен спектру природного изумруда (см. выше).

б. Стекла. *1. Красное стекло.* Спектр поглощения красных стекол зависит, конечно, от красящего агента. Часто это селен, и в этом случае наиболее частая особенность — широкая полоса в зеленой части спектра, похожая на полосу в спектре красного турмалина.

2. Голубое стекло. В наиболее распространенных видах голубого стекла красящим агентом является кобальт, и в таких случаях спектр поглощения характерен для этого элемента: он содержит три широкие полосы около 6550 (красный цвет), 5800 (желтый), 5350 (зеленый). Голубые стекла другого состава окрашены иначе и не имеют своего отличительного спектра поглощения.

3. Зеленое стекло. Цвет некоторых видов зеленого стекла обусловлен присутствием хрома, и соответственно в красной части спектра поглощения видны неясные узкие полосы; однако большинство стекол не имеет отличительного спектра поглощения.

в. Дублеты. Как можно догадаться, спектр поглощения дублета зависит от его составных частей. В дешевых дублетах верхняя часть — тонкая пластинка альмандина, и спектр поглощения соответствует этому драгоценному камню, но он выражен очень слабо из-за малой толщины пластинки.

8
Микроскоп

В предыдущих разделах, касающихся изучения оптических свойств кристаллов, время от времени говорилось об использовании микроскопа. При научном исследовании кристаллических веществ микроскоп представляет собой один из самых важных из имеющихся у нас инструментов. Область его применения при изучении драгоценных камней несколько ограничена характером используемого материала, который обычно нельзя резать или измельчать, а надо изучать целиком; тем не менее микроскоп используется в нескольких важных видах исследований, описание которых и дается в этой главе.

а. Наблюдения при обычном свете

Первичная функция микроскопа (хотя и не обязательно важнейшая в области кристаллооптики) — функция увеличивающего устройства. Для этой цели может использоваться простой «биологический» микроскоп с неподвижным квадратным столиком. Примером инструмента такого типа может служить микроскоп модели «Викерс М14а» (фото 1). В более сложных «петрографических» микроскопах с вращающимся круглым столиком, первоначально предназначавшихся для изучения минералов и пород, используются поляризующие устройства, которые необходимы для операций, описываемых ниже в этой главе. Пример такого инструмента — микроскоп модели «Викерс М70а». Специально предназначен для исследования драгоценных камней стереоскопический микроскоп модели «Рейнер» (фото 2), о котором и пойдет речь в дальнейшем.

Комбинация систем линз объектива и окуляра дает увеличенное изображение предмета, помещенного на столик прибора. В то время как ручная линза вполне подходит для увеличения вплоть до десяти раз, подходящий диапазон для микроскопа — увеличение от десяти до ста раз. Внутри этого диапазона выбраны значения, получаемые при использовании с одним и тем же окуляром разных взаимозаменяемых объективов. При исследовании граненого камня наиболее обычной формы простейший способ — поместить табличную грань на предметное стекло и рассматривать камень

через колету или же укрепить камень табличкой кверху с помощью кусочка пластилина. Если внутреннее отражение от круто наклоненных граней не позволяет исследовать камень вблизи ободка, надо использовать иммерсионную жидкость. Для целей быстрого исследования хорошо служит стеклянная пластинка, которую держат рукой над камнем, с капелькой жидкости между ним и пластинкой. Более прочное крепление используется в том случае, если камень помещают табличкой вниз в иммерсионную ячейку и полностью заливают жидкостью. Для качественных наблюдений нет необходимости подбирать показатель преломления жидкости, близкий к показателю преломления камня; в самом деле, чаще всего удобнее, если контуры граней четко видны, и для большинства камней удовлетворительные результаты дает использование α-монобромнафталина (показатель преломления 1,655). Камень, не имеющий пары параллельных граней, надо рассмотреть сначала через любую пару граней, расположенных почти параллельно. Иногда требуется перевернуть камень; в воздухе мы это делаем просто пальцами, а при работе с иммерсионными жидкостями применяются пружинные держатели, изготовляемые из нержавеющей стали. Освещение регулируется находящимся под предметным столиком конденсором и диафрагмой, если микроскоп снабжен этими устройствами. Иногда более удобно *освещение с темным фоном*: прямой луч задерживается и камень виден на темном фоне в косых отраженных лучах. Устройства для такого освещения различны в разных приборах и представляют собой модификации специального конденсора или другие приспособления. В микроскопе модели «Рейнер» имеются встроенное устройство для освещения со светлым и темным полем, а также специально сконструированный наклонный осветитель; эти устройства могут использоваться в различных комбинациях. Еще одно удобное добавочное приспособление, позволяющее менять угол освещения при работе с любым микроскопом,— волокнистый световод. Для наблюдений в обычном свете некоторые исследователи предпочитают бинокулярный микроскоп; в этом случае особенно эффективны наблюдения на темном фоне. Однако оборудовать бинокуляр поляризационным устройством, необходимым для выполнения описываемых ниже операций, довольно трудно.

1. Включения; особенности, связанные с ростом кристаллов

Со времени сэра Дэвида Брюстера и Г. Сорби, работавших в начале XIX в., включения в кристаллах изучались многими исследователями. В области драгоценных камней такое изучение получило новый импульс благодаря работам Г. Мичела и Э. Гюбелина, доказавших важность изучения включений для различных це-

лей: для отличия природных камней от синтетических материалов и имитаций, для установления того, из какой местности взяты образцы, и для получения сведений о парагенезисе минералов.

Многие включения состоят из твердого материала, часто кристаллического, но иногда стекловатого; кристаллические включения могут иметь хорошо выраженные грани (эвгедральные, идиоморфные), могут быть округлыми и частично растворенными (ангедральные, ксеноморфные) и могут быть нарушенными (фото 4, *а*, *б*). Пример таких включений — тонкие нити рутила в сапфире и рубине, образующие углы, равные 60°, и идущие параллельно граням призмы (фото 4, *в*). Прежде их присутствие считалось надежным доказательством того, что камень не синтетический. Однако в последнее время в ФРГ и США были синтезированы звездчатые рубины и звездчатые сапфиры; рутиловые нити выделяются из раствора, если титансодержащие бульки, приготовленные методом Вернейля, выдерживать в течение нескольких часов в окислительной атмосфере при температуре 1100—1500°С. Включения могут состоять из жидкости или газа, занимающих внутренние полости во вмещающем кристалле. Эти полости иногда ограничены плоскими гранями, образующими «отрицательные кристаллы», но чаще они имеют неправильную форму, нередко в высшей степени неправильную. Состав жидкости определить нелегко, но это могут быть вода, двуокись углерода или остаток первоначального материнского раствора, из которого выделился вмещающий кристалл. Изредка встречаются две несмешивающиеся жидкости. Газовые включения могут образовывать пузырьки в жидкости; может также присутствовать и третья фаза — твердые кристаллические включения. Такие трехфазные включения встречаются обычно в изумрудах из определенных месторождений (фото 4, *г*); кристаллы твердой фазы могут выглядеть прямоугольными или ромбическими в зависимости от угла зрения. Газовые включения часто встречаются в природных стеклах и в синтетических камнях. У воздушных пузырьков — сферических или удлиненных — в результате полного внутреннего отражения бывают очень широкие черные края, или же эти пузырьки кажутся совершенно черными; в кристаллическом материале (фото 5, *б*) они, несомненно, указывают на искусственное происхождение.

Растущий кристалл в нормальных условиях ограничен плоскими кристаллическими гранями; поступление материала слегка измененного состава или кратковременное замедление роста могут привести к появлению зональной структуры, обусловленной наличием зон, слабо отличающихся по цвету, или зон включений. Под микроскопом они видны как системы прямых параллельных борозд, часто расположенных под острым углом к другим системам (фото 5, *а*). Однако при синтезе по методу Вернейля рост бульки осуществляется путем нарастания новых слоев на искривлен-

ную верхнюю поверхность; при этом никаких плоских кристаллических граней не образуется. Поэтому кристаллы синтетического корунда часто можно отличить по присутствию искривленных борозд (фото 5, *б*), но подобные бороздки не всегда можно увидеть у шпинели, синтезированной таким же способом.

В твердых включениях может быть представлен материал, образование которого предшествовало росту вмещающего кристалла (это наиболее вероятно, если включения присутствуют в разорванном или нарушенном виде) или происходило одновременно с образованием этого кристалла. Большинство эвгедральных кристаллических включений, как и многие жидкие и газообразные включения, относятся, вероятно, к этой стадии. Так, среди эвгедральных включений, встречающихся в алмазе, включения пиропа, энстатита, хромдиопсида, магнетита, ильменита, циркона, как и включения самого алмаза, по-видимому, генетически связаны с вмещающим кристаллом. Однако ряд включений связан уже с ростом кристалла и представляет собой результат распада твердого раствора, химического изменения или перекристаллизации. Так образуются включения в виде «перьев» и «занавесей», которые представляют собой узкие полости или спайные трещины в кристалле, заполненные воздухом, жидкостью или сформировавшимся впоследствии кристаллическим материалом.

Включения, образовавшиеся одновременно с вмещающим веществом, могут дать представление об особенностях происхождения этого вещества, характерных для данного района. Так, включения циркона обычно наблюдаются в африканских алмазах, но отсутствуют в бирманских. Корунды из трех разных районов — Бирмы, Цейлона и Таиланда — часто можно различить по характерным для каждого района признакам. Бирманские кристаллы отличаются шелковистым блеском, связанным с присутствием тонких рутиловых нитей и многочисленных кристаллических включений (фото 5, *г*); для кристаллов с Цейлона характерны перья жидких включений, а среди твердых включений диагностическое значение имеют включения метамиктного циркона; в образцах из Таиланда перья имеют специфический иероглифический облик, характерны также включения непрозрачных гексагональных кристаллов (фото 5, *в*). Тот или иной особый вид включений иногда обнаруживается в нескольких видах минералов, взятых из одной и той же местности; метамиктный циркон, окруженный радужным ореолом (гало), находят в корундах, шпинели и гранатах с Шри Ланки. Некоторые включения могут быть настолько типичными для данного минерала, что их обнаруживают почти во всех образцах независимо от их местонахождения; в качестве примера можно указать на пучки волосообразных включений почти во всех демантоидах или на тетраэдрические отрицательные кристаллы, содержащие жидкость с пузырьками газа, во флюорите.

2. Измерение показателя преломления иммерсионным методом

С помощью микроскопа можно определить показатель преломления иммерсионным методом, особенно если из-за размера, формы и других характеристик материала нельзя использовать рефрактометр. Процедура сравнения показателя преломления твердого вещества с известным показателем преломления иммерсионной жидкости была описана выше. Если это сравнение производится в обычном свете, то определяется только величина показателя преломления. Это подходит как для некристаллических изотропных веществ, таких, как обсидиан или опал, и кристаллов, относящихся к кубической сингонии, так и для скрытокристаллических агрегатов, таких, как тонкокристаллический халцедон. Однако, для того чтобы определить все показатели преломления двупреломляющих кристаллов, необходимо использовать поляризующее оборудование, к описанию которого мы теперь перейдем.

б. Плоскополяризованный свет

Для получения поляризованного света предложены разные методы. Так, в 1813 г. Зеебек обнаружил, что пластинка коричневого турмалина, вырезанная параллельно кристаллографической оси и имеющая достаточную толщину, пропускает только необыкновен-

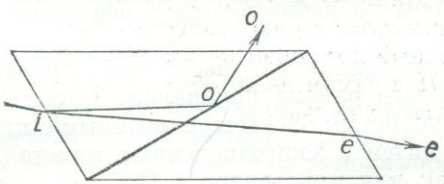


Рис. 73. Призма Николя.

ный луч; обыкновенный луч полностью поглощается материалом пластинки. Другой метод — использование стеклянной пластинки для отражения света под определенным критическим углом. Наиболее эффективный метод, применяемый до сих пор, основан на открытии, сделанном Уильямом Николем, и заключается в следующем. Ромбоэдр исландского шпата, длина которого примерно втрое больше толщины, разрезают так, как это показано на рис. 73, и две полученные половинки склеивают канадским бальзамом. Один луч *ioo* полностью отражается на границе минерала и бальзама; этот луч не проникает во вторую половину призмы, тогда как другой луч *iee* проходит через нее, почти не изменяя интенсивности.

Эта пластинка называется в честь ее изобретателя *призмой Николя* или просто николем.

Если один николь помещен над другим таким образом, что главные плоскости находятся под прямым углом друг к другу, через них свет не пройдет. В поляризационном микроскопе один такой николь, называемый *поляризатором*, располагается под предметным столиком, а другой, называемый *анализатором*, либо вставляется в корпус микроскопа, либо помещается над окуляром.

Метод получения поляризованного света с помощью турмалиновых пластинок встречает ряд возражений. Во-первых, редко можно найти пластинки турмалина подходящего размера, во-вторых, свет, проходящий через турмалиновую пластинку, даже в самом лучшем случае поглощается ею настолько сильно, что ее можно использовать лишь при наличии мощного осветительного устройства. Существуют, однако, органические двупреломляющие вещества, которые даже при очень малой толщине пластинки обладают свойством сильно поглощать один из двух лучей. Еще в 1851 г. Герапат обнаружил, что иодосульфат хинина 4 (хинин)$\times$ $\times 3H_2O_4 \cdot 2HI \cdot I_4 \cdot 6H_2O$ кристаллизуется в виде шестиугольных пластинок, которые даже при толщине всего 0,127 мм полностью поглощают один луч и пропускают другой почти без всякого поглощения. Этот материал Хайдингер назвал герапатитом. Поскольку эти пластинки на воздухе и даже в канадском бальзаме, растворенном в ксилоле, теряют свойство поляризации, казалось, что их замечательный дихроизм не имеет ни малейшего практического значения. И в самом деле, об этом свойстве совершенно не вспоминали вплоть до недавнего времени, когда Э. Ланд изобрел хитроумный способ производства нитроцеллюлозных пленок, в которых ультрамикроскопические кристаллы герапатита имеют правильную ориентировку, благодаря чему возникает эффект единой кристаллической пластинки. Ультрамикроскопические кристаллы слегка перекрывают друг друга, вследствие чего увеличивается поглощение, и поляроиды, как они были названы, имеют слабую дымчатую окраску. По счастливой случайности эти пластинки хорошо поляризуют почти весь видимый спектр. В ранних образцах для части спектра поляризация была неполной, но этот недостаток позднее был исправлен, и теперь поляроиды часто используются вместо николей в качестве поляризаторов и анализаторов поляризационных микроскопов.

Рельеф и дихроизм

Если под предметным столиком помещен поляризатор, то на нижнюю поверхность объекта, находящегося на столике, падает плоскополяризованный пучок света. Обычно конструкция прибора

позволяет поворачивать поляризатор в его оправе; в этом случае пружинный зажим фиксирует его в таком положении, когда (в большинстве английских приборов) колебания проходящего света направлены «с запада на восток» (т. е. слева направо от наблюдателя). Прохождение такого светового пучка через лежащий на столике кристалл можно рассматривать, учитывая вид индикатрисы. Если сечение индикатрисы, перпендикулярное направлению пучка, имеет круговую форму (так бывает, например, в случае одноосного кристалла, находящегося в таком положении, что его ось симметрии параллельна оси микроскопа), то поляризованный пучок проходит через кристалл без каких-либо изменений и при повороте столика ничего не меняется. Однако если данное сечение имеет эллиптическую форму, то направление колебаний падающего луча при повороте столика меняется в связи с изменением ориентировки эллипса относительно направления колебаний поляризатора. В общем случае падающий луч расщепляется на два составляющих луча, в которых колебания происходят параллельно большой и малой осям эллиптического сечения, и скорость распространения этих лучей оказывается соответственно различной. Однако за полный оборот столика четырежды та или иная ось эллипса становится параллельной направлению колебаний в поляризаторе, и через кристалл проходит только один плоскополяризованный пучок. Можно, таким образом, заметить удвоение ребер кристаллических граней и эффект «подмигивания», когда каждое из сдвоенных изображений попеременно исчезает. Если разность показателей преломления достаточно велика, то рельеф объекта может во время вращения меняться. Когда драгоценный камень окружен воздухом, никаких изменений такого рода не происходит, но если смотреть на камень, погруженный в жидкость, рельеф, соответствующий одному направлению колебаний, может заметно отличаться от того, который виден при повороте столика на 90°. В цветных камнях различие скоростей может приводить к различному поглощению; возникающий при этом дихроизм проявляется в изменении цвета камня во время вращения. Однако этот метод исследования не позволяет сравнивать цвета, соответствующие двум направлениям колебаний, как это делается с помощью дихроскопа, и слабый дихроизм может остаться незамеченным.

в. Скрещенные николи

Для следующего этапа исследований в действие вводится и верхнее поляризующее устройство — анализатор. Он расположен так, чтобы направление колебаний в нем составляло прямой угол с направлением колебаний в поляризаторе, и их совместное ис-

пользование известно как положение «со скрещенными николями». Если на предметном столике ничего нет, то колебания, пропускаемые поляризатором, не могут пройти через анализатор и свет не достигает глаз наблюдателя. Если на столик помещен оптически изотропный объект, например кусочек стекла или кубический кристалл, то поле зрения остается все равно темным при любом повороте столика. Однако когда световой пучок, проходя через объект, испытывает двупреломление, как это имеет место в кристаллах любой не кубической сингонии, результат получается совершенно иной.

1. Положения погасания

Мы уже отмечали, что, когда оси эллиптического сечения индикатрисы образуют с направлением колебаний в поляризаторе некоторый угол, свет, выходящий из поляризатора, проходя через кристалл, разделяется на два луча, распространяющихся с разными скоростями. Более медленный из них отстает от более быстрого и выходит из кристалла с запаздыванием (разностью хода), величина которого зависит от силы двупреломления и от длины пути. Когда два пучка, выходя из кристалла, снова соединяются, в общем случае возникает луч с колебаниями, параллельными направлению колебаний в анализаторе; интенсивность этого луча меняется в зависимости от длины волны световых лучей, так что при использовании обычного света будет возникать интерференционная окраска, соответствующая какому-либо цвету шкалы Ньютона. Цвета интерференции знакомы каждому по таким известным явлениям, как окраска мыльных пузырей, побежалость на поверхности окисленной стали и окраска масляной пленки на воде. При малой разности хода цвета интерференции бывают яркие, а при больших разностях хода, соответствующих более высокому двупреломлению или более длинному пути, интерференция создает бледные цвета высоких порядков, которые в пределе мало отличаются для невооруженного глаза от обычного белого цвета.

При вращении столика микроскопа и камня на нем на полный оборот возникают четыре положения, в которых оси эллиптического сечения индикатрисы становятся параллельными направлению колебаний в поляризаторе и анализаторе. В каждом из этих положений пропускается только одна составляющая, и она отсекается анализатором, в результате чего поле зрения темнеет. Эти четыре темных положения при вращении столика называются *положениями погасания*. Ясно, что они должны разделяться 90°-ными интервалами, внутри которых освещенность достигает максимальной яркости. Просветление поля зрения и появление интерференционной окраски — прямые доказательства двупреломления. По сути дела, они позволяют обнаружить двупреломление во многих объек-

тах, которые теоретически должны быть однопреломляющими. Так, в алмазе иногда имеется двупреломление вокруг включений, а в более общем случае оно распространяется на весь кристалл. Двупреломление можно создать в стекле путем его деформации, и, по-видимому, деформация является причиной аномального двупреломления в изотропных кристаллах. Однако такие явления вряд ли способны привести к путанице, так как погасание происходит обычно пятнами, а не равномерно по всему камню, и положения погасания бывают не очень четкими.

При работе с кристаллами, ограниченными естественными гранями, минералог широко использует положения погасания для определения симметрии кристаллов. Так, призматический кристалл турмалина, вытянутый вдоль тройной оси и лежащий на столике, будет погасать, когда его длинная ось станет параллельной направлениям колебаний в поляризаторе или анализаторе (отмечены крестом нитей в окуляре поляризационного микроскопа). Такое *прямое погасание* указывает на присутствие элемента симметрии, параллельного длине кристалла; его нет в моноклинных или триклинных минералах. Однако при исследовании драгоценных камней эта процедура не имеет большого значения из-за отсутствия надежных данных о соотношении ориентировки нанесенных граней и природных кристаллических граней.

2. Определения показателя преломления иммерсионным методом

Наблюдение положений погасания — необходимая операция перед точным измерением показателей преломления двупреломляющего камня иммерсионным методом. Камень закрепляют в положении погасания между скрещенными николями, анализатор убирают, а затем проводят сравнение светопреломления жидкости со светопреломлением поляризованного света, проходящего через камень в данном положении. После поворота столика на 90° точно так же можно сравнить с жидкостью второй показатель преломления. Следует специально отметить, что в данном сечении могут быть определены *только два показателя преломления*. Иногда считают, что, осуществляя эту процедуру одновременно с операцией рефрактометрии, при повороте камня над поляризатором можно получить какой-то диапазон показателей преломления. Это, конечно, заблуждение: последующие значения показателей преломления можно определить, только поворачивая камень на столике, так чтобы использовать новое направление колебаний светового луча.

г. Наблюдения в сходящемся свете

1. Интерференционные фигуры

До сих пор речь шла об освещении, создаваемом пучком параллельных световых лучей. Следующий метод исследования предусматривает использование сильно сходящегося света, что достигается с помощью дополнительной конденсорной линзы, причем все диафрагмы под предметным столиком оставляются широко открытыми; поляризатор и анализатор, как и прежде, скрещены. Лучи, составляющие пучок, теперь проходят через двупреломляющий камень в разных направлениях, в результате чего оказывают влияние как различные величины двупреломления, так и разная длина пути. Выходя из камня, пучок оказывается сильно расходящимся, и его возвращают в оптическую систему с помощью объектива с довольно большим увеличением, располагающегося близко к верхней поверхности камня. *Фигура интерференции*, которую мы хотим исследовать, получается не в положении фокуса, когда видно изображение камня. Ее можно увидеть в верхней фокальной плоскости объектива, вынув окуляр из тубуса микроскопа или же — в слегка увеличенном виде — оставив окуляр на месте и держа над ним на небольшом расстоянии ручную линзу. Петрографические микроскопы часто снабжены укрепляемой под окуляром вспомогательной линзой *(линзой Бертрана)*, которая вместе с окуляром дает увеличенное изображение этой фигуры.

Характер наблюдаемой фигуры зависит от оптической природы камня, который может быть одноосным или двуосным, а также от ориентировки камня относительно оси микроскопа. Если камень одноосный и лежит так, что его оптическая ось параллельна оси микроскопа, как это может быть в случае таблитчатого рубина или звездчатого сапфира, то виден черный крест (фото 6, *а*), окруженный кольцами, которые в обыкновенном свете окрашены. При повороте столика эта концентрическая фигура остается неизменной. Если же направление оптической оси наклонено к оси микроскопа, то черный крест в поле зрения располагается эксцентрично и его центр при вращении столика движется по кругу. При увеличении наклона центр креста уходит за пределы поля зрения, а при еще большем наклоне фигура становится нераспознаваемой. Однако для одноосных веществ характерно, что до тех пор, пока можно видеть ветви креста, они при вращении столика остаются параллельными направлениям колебаний в поляризаторе и анализаторе. (Крест нитей окуляра обычно расположен параллельно направлениям колебаний в поляризаторе и анализаторе, но на фото 6 он повернут на 45°.)

Если двуосное вещество исследуется в направлении, идущем под острым углом к двум оптическим осям, будет видна фигура ин-

терференции, которая при некоторых положениях камня по отношению к скрещенным николям принимает формы, показанные на фото 6, *в*, *г*. Как и раньше, видна серия концентрических эллипсов, которые в обычном свете окрашены. Вместо креста образуется пара черных дуг, которые при одном положении столика составляют крест, но при вращении приобретают вид гиперболы. Дуги поворачиваются вокруг двух точек, являющихся выходами оптических осей. Видимое расстояние между ними в поле зрения связано с величиной угла между оптическими осями $2V$. При малых значениях $2V$ оба выхода вполне умещаются в поле зрения и гиперболы сильно искривлены; при бóльших значениях оба выхода одновременно не могут попасть в поле зрения и дуги только слегка изогнуты. Количественное использование этих наблюдений требует детальных знаний об особенностях оптической схемы применяемого микроскопа, но качественно они могут служить, например, для того, чтобы отличить сингалит со значением $2V=56°$ от оливина, у которого величина $2V$ достигает почти 90° и который часто путают с сингалитом.

Насколько легко можно увидеть фигуру интерференции, сильно зависит от размера, формы и природы исследуемого камня. Если камень большой, то пропустить через него необходимый сходящийся пучок трудно. С другой стороны, камень, ограненный кабошоном, или маленький камень с большим количеством граней могут сами по себе действовать как конденсор и способствовать тем самым образованию фигуры интерференции. Если удастся увидеть какую-то часть одной из описанных выше фигур, то это позволит решить, с каким кристаллом мы имеем дело — одноосным или двуосным. Оптический знак можно определить с помощью кварцевого клина, однако в случае двуосных фигур это требует определенных навыков в области кристаллооптики.

2. Вращение плоскости поляризации

Некоторые вещества, единственным среди драгоценных камней и наглядным общим примером которых является кварц, обладают свойством вращать плоскость поляризации света, проходящего параллельно оптической оси. Интерференционная фигура (фото 6, *б*) в этом случае отличается от обычной для одноосного кристалла. Крест не доходит до центра поля зрения; в обычном свете центральная часть поля оказывается окрашенной. Если камень дает такую картину, то его уверенно можно определить как кварц. В параллельном пучке света и при скрещенных николях базальное сечение такого камня обнаружит изотропность, оставаясь неизменным при полном обороте столика, но вместо полной темноты в поле зрения окажется однородная интерференционная

окраска. Это явление называется вращением плоскости поляризации, а вещества, обладающие этим свойством, описываются как оптически активные.

д. Вспомогательное оборудование

Микроскоп представляет собой удобный инструмент, который можно использовать в сочетании с рядом приспособлений, особенно для исследования камней или других материалов настолько малых размеров, что их трудно изучать «вручную». Наблюдения через дихроскоп, помещенный на место окуляра, имеют, как уже отмечалось выше, преимущество перед простым изучением с помощью поляризатора: два цвета оказываются в поле зрения рядом, что позволяет провести их непосредственное сравнение. Удобно выполнять и спектроскопическое изучение, вставив вместо окуляра инструмент прямого видения. Во многих конструкциях имеются специальные приспособления и особые пазы для их вдвигания в тубус поляризационного микроскопа.

е. Полярископ

В заключение укажем, что некоторые из описанных здесь испытаний при наличии подходящих образцов можно выполнить несложным и дешевым способом с помощью простого полярископа, в котором камень помещается для исследования между двумя поляризующими пленками, закрепленными без каких-либо линз. В модели «Рейнер» (фото 2) имеется встроенная система освещения и вращающийся столик для малых камней. Рабочее расстояние между пленками позволяет проводить изучение крупных образцов или камней, вставленных в ювелирные изделия. Фигуры интерференции можно иногда увидеть с помощью карманной линзы; небольшая сферическая насадка позволяет получить схождение лучей, достаточное для наблюдения такой фигуры без всяких вспомогательных линз [1].

[1] См., например, *B. W. Anderson*, The Journal of Gemmology, 1966, vol. 10, p. 78. [На русском языке хорошая методика такого исследования описана *И. Веденеевым и А. Колотушкиным* в работе «Коноскоп с шариком Иогансена», Тр. Инст. прикл. минер., вып. 54, М., 1952.— *Прим. ред.*]

9
Удельный вес

Одним из самых ранних открытий человечества было обнаружение того факта, что разные предметы одного и того же объема часто имеют заметно различный вес: так, сильно отличаются друг от друга дерево и железо, а еще сильнее — дерево и свинец. Обычно говорят, что железо тяжелее дерева, но такое утверждение неверно, потому что можно взять достаточно большой кусок дерева, который окажется по меньшей мере таким же тяжелым, как и выбранный кусок железа. На деле нам надо сравнивать одинаковые объемы разных веществ. Плотность воды при 4°С принята равной единице; при указанной температуре плотность воды наибольшая, при других температурах она, как можно увидеть из таблицы в части IV, несколько ниже. Прямое определение объема твердого тела неправильной формы представляет почти непреодолимую трудность, но, к счастью, для нахождения удельного веса совершенно не обязательно знать объем; это будет доказано здесь, когда мы перейдем к описанию применяемых для установления удельного веса методов.

Удельный вес камня — это характеристика, находящаяся для каждой разновидности в узком постоянном интервале и поэтому очень полезная для диагностики камней. Удельный вес можно установить вне зависимости от формы камня и от того, прозрачен камень или нет; но при этом камень должен быть вынут из оправы.

Методы определения удельного веса делятся на два вида: одни методы основаны на подборе жидкости такой же или почти такой же плотности, как и камень; в других производятся взвешивания, для чего требуются точные весы.

а. Тяжелые жидкости

Опыт говорит нам, что твердое вещество плавает в жидкости, которая плотнее этого вещества, тонет в менее плотной жидкости и остается во взвешенном состоянии на любом уровне в жидкости с плотностью, в точности равной плотности этого твердого вещества. Если камень хотя бы немного менее плотный, чем жидкость, он будет подниматься к поверхности; если он чуть-чуть плотнее, он будет, конечно, опускаться на дно. Это физическое явление

сильно осложняет маневрирование подводной лодки и делает его еще более опасным. Если нам удается найти жидкость плотнее исследуемого камня, то камень, помещенный в нее, будет плавать на ее поверхности. Если мы теперь возьмем жидкость менее плотную, чем камень, и способную смешиваться с более тяжелой жидкостью и будем добавлять последнюю по капле и осторожно перемешивать смесь, чтобы сделать ее плотность одинаковой во всем объеме, то в конце концов мы добьемся того, что камень окажется в равновесии с жидкостью и будет плавать на любом уровне. В этом случае плотность камня будет равна плотности жидкости, и если мы каким-либо способом узнаем плотность жидкости, то тем самым определим удельный вес камня. Не следует, однако, забывать, что некоторые драгоценные камни, например опал и бирюза, более или менее пористые. Продолжительное погружение таких камней в иммерсионную жидкость нежелательно, тем более что это оказывает вредное воздействие на их внешний вид.

Для определения плотности жидкостей существуют разные приборы и методы, например весы Вестфаля, но, помимо неудобств, связанных с такой процедурой, плотность всех жидкостей довольно сильно зависит от температуры. Поэтому лучше всего при выполнении наблюдений измерять не плотность, а показатель преломления. Хотя с температурой меняются обе указанные физические характеристики, их отношение в пределах требуемой точности остается постоянным в диапазоне обычных комнатных температур, а показатель преломления определяется с помощью рефрактометра легко и быстро. В общем случае, когда жидкость представляет собой смесь двух компонентов — тяжелого и легкого, следует составить таблицу или диаграмму, показывающую соотношение между плотностью и показателем преломления.

Если определение удельного веса камня требуется только для его диагностики, то вместо этой процедуры лучше, вероятно, проводить прямое сравнение с кусочками различных веществ, удельный вес которых известен (эти вещества называются индикаторами). Если один из двух кусочков, слегка различающихся по удельному весу, плавает на поверхности однородного столба жидкости, а другой лежит на дне пробирки с этой жидкостью, можно не сомневаться, что жидкость имеет плотность, промежуточную по отношению к значениям удельного веса этих кусочков. Такая проверка — разумная операция при использовании смеси двух жидкостей, так как более легкая из них обычно бывает гораздо более летучей, вследствие чего плотность смеси постепенно возрастает; кроме того, в любом случае на плотность влияет изменение температуры. С другой стороны, удельный вес драгоценных камней, как и всех твердых веществ вообще, с температурой меняется мало.

Другой удобный способ проверки плотности жидкости связан с использованием специального инструмента ареометра, принцип

работы которого основан на том, что уровень, до которого погружается в жидкость легкое тело, прямо зависит от плотности этой жидкости. Современные ареометры состоят из закрытой стеклянной трубки и отходящего от нее вверх узкого стержня с градуированной шкалой. В трубку помещают груз, вес которого зависит от требуемого интервала плотностей. Инструмент прост в использовании: его опускают в жидкость и делают соответствующий отсчет по шкале.

Возможно, еще более удобная разновидность этого метода — не пытаться подобрать раствор с таким же удельным весом, как у исследуемого камня, а получить диффузионный столб жидкости, в котором плотность последовательно возрастает с глубиной. Если исследуемый камень плавает в таком столбе на некотором уровне между двумя кусочками с известным удельным весом, то удельный вес камня можно найти путем элементарной интерполяции. Чтобы приготовить такой столб жидкости, надо легкую жидкость осторожно, по капле, добавлять к тяжелой. Наиболее совершенный столб получается при естественной диффузии, но поскольку это довольно длительный процесс, его можно ускорить легким встряхиванием пробирки; образующийся при этом столб жидкости позволяет получить результаты, достаточно точные для определения камней.

Если измерения удельного веса производятся постоянно, то, очевидно, имеет смысл подготовить набор закрытых пробирок с жидкостями различной плотности. Количество их будет, конечно, зависеть от конкретных потребностей и может по желанию меняться. Если же это испытание производится только изредка, достаточно иметь три или четыре пробирки. С другой стороны, те, кому приходится постоянно исследовать камни, могут увеличить количество пробирок, так чтобы набор включал ряд жидкостей с последовательной градацией плотности; полезно также иметь под рукой обломки камней всех нужных видов, чтобы можно было проводить непосредственное сравнение.

Теперь мы можем перейти к вопросам использования и относительных преимуществ различных жидкостей, применяемых для быстрого определения удельного веса драгоценных камней.

1. Раствор Клеричи

Одна из жидкостей, наиболее подходящих для исследования ряда драгоценных камней, известна как раствор Клеричи (по имени ее изобретателя) [1]. Это смесь малоната таллия $CH_2(COOTl)_2$

[1] *Enrico Clerici*, Preparazione di liquidi per la separazione dei minerali, Atti della Reale Accademia dei Lincei, 1907, vol. 16, p. 187—195. О методе приготовления этой жидкости и ее свойствах см.: *Helen E. Vassar*, Clerici solution for mineral separation by gravity, The American Mineralogist, 1925,

и формата (соли муравьиной кислоты) таллия HCOOTl, прозрачная жидкость, совсем слабо окрашенная в коричневый цвет. Ее плотность при обычной комнатной температуре равна 4,25 и возрастает с температурой вплоть до температур, близких к точке кипения воды: при 90—100°С на ее поверхности может плавать пирит, удельный вес которого равен примерно 5. Этот раствор может смешиваться с водой в любой пропорции, и его легко можно снова сделать концентрированным путем осторожного нагревания над пламенем газовой горелки или на горячем песке. Как и все таллиевые соединения, раствор Клеричи ядовит, и пользоваться им надо с разумной осторожностью. Хотя его можно безопасно использовать для всех драгоценных камней, кроме пористых, его нельзя применять ко всем минералам без разбора, потому что он вступает, особенно в горячем виде, в химическую реакцию с некоторыми из них, например с окислами металлов.

Раствор Клеричи приобретают в готовом виде вместе с набором стеклянных индикаторов, удельный вес которых известен. Его можно, однако, приготовить из карбоната таллия Tl_2CO_3, смешивая поровну эту соль с соответствующим количеством малоновой и муравьиной кислот; 111 г малоновой кислоты и 115 г муравьиной кислоты нейтрализуют по 500 г карбоната, и из 1 кг карбоната таллия можно получить около 300 $см^3$ раствора Клеричи. Другой способ заключается в смешивании равных количеств малоната таллия и формата таллия; получаемые этими двумя способами вещества настолько мало отличаются одно от другого, что их различие не имеет практического значения.

Если при исследовании хотят получить именно такую плотность, при которой камень будет находиться во взвешенном состоянии и плавать на любой глубине, то в раствор следует добавлять не чистую воду, а более слабый раствор, чтобы плотность изменялась медленнее. Когда будет получена правильная плотность, надо с помощью рефрактометра измерить показатель преломления раствора; соответствующее значение плотности можно определить по таблице, помещенной в части IV книги. Хотя растворы Клеричи, будучи смесью, а не химическими соединениями, могут иметь слегка различные физические свойства при разном приготовлении, различие это настолько мало, что это не влияет на цифры, приведенные в таблице.

2. *Иодистый метилен*

Еще одна жидкость, очень удобная для использования, хотя для меньшего диапазона плотности, чем раствор Клеричи,— это

vol. 10, p. 123—125. *C. J. Payne, L. Franklin, B. W. Anderson*, The use of Clerici solution for density determinations, The Gemmologist, 1936, vol. 5, p. 274—279.

иодистый метилен CH_2I_2, который был уже рекомендован из-за его высокого светопреломления. Эта жидкость имеет в чистом виде при 16°С плотность 3,324 [1]. Ее можно быстро разбавить бензолом, плотность которого равна 0,88, или более постепенно бромоформом с плотностью 2,88. В свежем виде иодистый метилен имеет только слабую желтую окраску, но на свету быстро темнеет из-за высвобождения иода, который появляется в коллоидной форме и от которого нельзя избавиться фильтрацией. Поэтому бутылка с жидкостью должна быть зачернена или закрыта от света; однако жидкость можно легко сделать более прозрачной, встряхивая ее с кусочками меди, олова или других веществ, с которыми иод соединяется, образуя подиды, которые можно удалить фильтрацией. Предлагалась также ртуть, но оказалось, что она не подходит, потому что она может частично раствориться в жидкости, а затем осесть на исследуемом камне и потянуть его ко дну пробирки. Может применяться едкий калий, но при этом отделяется вода, которая собирается на поверхности, и поэтому требуется специальное приспособление, позволяющее очистить иодистый метилен путем отсасывания его снизу.

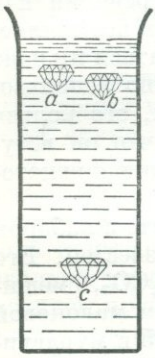


Рис. 74. Камни различного удельного веса, плавающие в столбе тяжелой жидкости.

На рис. 74 показано, как в диффузионном столбе иодистого метилена и бензола плавают три ограненных камня: кварц (*a*), берилл (*b*) и турмалин (*c*). Хотя берилл имеет только немного больший удельный вес, чем кварц (2,69 и 2,65 соответственно), он плавает явно ниже его. Эти три камня, которые иногда очень похожи по оттенку, можно, таким образом, легко различить испытанием на удельный вес.

В таблице, помещенной в части IV, дано соотношение между показателем преломления и плотностью смеси иодистого метилена и бензола; эта таблица необходима, если используется суспензионный метод испытания камня на удельный вес.

Плотность иодистого метилена можно увеличить, растворяя в нем иод и иодоформ; насыщенный раствор имеет плотность 3,6 и удерживает на плаву топаз, удельный вес которого 3,55. К сожалению, в этом случае жидкость настолько темная, что почти не пропускает света, и, кроме того, она очень вязкая. Она может служить для того, чтобы отличить алмаз, имеющий удельный вес 3,52, от бриллиантово-яркого бесцветного циркона (с удельным весом 4,7), с которым его легко можно спутать, если не проводить испы-

[1] Плотность иодистого метилена уменьшается при повышении температуры на 1°С (и, наоборот, увеличивается при понижении температуры) на 0,0022.

тания на твердость или на двупреломление, когда в цирконе наблюдается при взгляде через табличную грань кажущееся удвоение ребер тыльной части камня. Легко увидеть, плавает ли камень, как это должно быть, если это алмаз, или тонет. Чтобы достать утонувший камень, нет иного способа, как перелить жидкость в другую пробирку, так как жидкость слишком темная и камень не видно.

3. Бромоформ

Использовать бромоформ $CHBr_3$ как средство для разделения минералов, входящих в состав песка, впервые предложил Шрёдер Ван-дер-Кольк [1]. При обычной комнатной температуре эта жидкость имеет плотность 2,88 и показатель преломления 1,588. На свету и в присутствии воздуха она разлагается. Ее можно разбавить спиртом или бензолом, но предпочтительнее первым из-за более подходящей концентрации; если к раствору добавить дистиллированную воду, то спирт соединяется с ней и всплывает на поверхность; более плотный бромоформ можно отвести с помощью делительной воронки, а вся избыточная влага выпаривается в эксикаторе.

Следует также упомянуть о четырехбромистом ацетилене, или тетрабромэтане $C_2H_2Br_4$, который может использоваться так же, как бромоформ; он имеет более высокую плотность: 2,964 при 20°С. Эта жидкость смешивается в любой пропорции со спиртом.

Рекомендован ряд других тяжелых жидкостей. Раствор Зонштадта (или раствор Тулé) представляет собой насыщенный водный раствор иодистого калия и иодистой ртути с плотностью 3,196 (при комнатной температуре). Раствор Клейна — водный раствор боровольфрамата кадмия с плотностью 3,55. Соль Ретгера — нитрат серебра и таллия, который плавится при температуре 75°С, превращаясь в жидкость с плотностью 4,6. Однако ни одна из указанных жидкостей не применялась широко для работы с драгоценными камнями, и для обычного использования можно рекомендовать только раствор Клеричи и иодистый метилен. Для драгоценных камней с удельным весом ниже 2,9 лучше всего использовать дешевый бромоформ.

б. Непосредственное взвешивание

Весы, необходимые для обоих методов, описанных в этом разделе, должны обеспечивать точность до миллиграмма. Для данной цели вполне подходят хорошие аналитические весы. Вместо

[1] *J. L. C. Schroeder van der Kolk*, Beitrag zur Kartierung der quartären Sande, Neues Jahr., 1895, I, p. 272—276.

обычных химических весов можно использовать весы Вестфаля или пружинные весы Джоли. В этом случае взвешивание производится быстрее, но менее точно.

При тщательных физических исследованиях используется прием двойного взвешивания, позволяющий избежать малейших ошибок, которые могут возникнуть из-за несовершенства конструкции весов. На одну из чашек весов помещают противовес, более тяжелый, чем любой из исследуемых предметов, и взвешивают его. Противовес остается на своей чашке в течение всей процедуры взвешивания. Предметы, вес которых надо определить, поочередно помещают на другую чашку и добавляют гирьки, пока не восстановится равновесие. Разность между двумя наборами гирек и даст, очевидно, вес предмета. Современные весы, однако, так хорошо сконструированы, что такая предосторожность обычно не нужна.

В каких единицах определяется вес, не имеет значения, если только одни и те же единицы используются все время; такими единицами могут быть либо грамм, либо карат. Поскольку в обычной своей практике ювелиры используют в качестве единицы веса карат, они, естественно, предпочитают именно эту единицу; с другой стороны, физические лаборатории обычно оснащены весами, предназначенными для взвешивания в граммах.

1. Гидростатическое взвешивание

Принцип этого метода очень прост. Камень, удельный вес которого требуется определить, взвешивается сначала на воздухе, а затем его погружают в воду и взвешивают в воде. Если полученные веса равны соответственно W и W', то разность $(W-W')$ составит, очевидно, вес воды, вытесненной камнем и имеющей, таким образом, такой же объем, как и камень; удельный вес камня, следовательно, равен $W/(W-W')$.

Если пользуются приемом двойного взвешивания, формула будет несколько иной. Предположим, что противовесу соответствует вес гирек c; камню, взвешиваемому в воздухе,— w, в воде — w'; тогда $W=c-w$ и $W'=c-w'$, и, следовательно, удельный вес камня равен $(c-w)/(w'-w)$.

На практике, для того чтобы обеспечить точный результат, надо принять некоторые меры предосторожности. Весы, предназначенные для определения удельного веса, снабжают вспомогательной чашкой (рис. 75), которая подвешивается достаточно высоко, чтобы можно было под ней подвесить камень; однако такое усовершенствование необязательно, потому что стеклянную банку с водой можно поставить на низкую табуретку под чашкой с одной стороны весов или даже на короткую плоскую линейку, лежащую на временных опорах, например на спичечных коробках. Вес предмета, используемого для подвески камня, надо, конечно, опреде-

лить и вычесть из веса, полученного для камня как в воздухе, так и в воде. Для подвески часто используется кусок тонкого шелка, но это не рекомендуется, потому что вода постепенно пропитывает ткань и возникающая при этом ошибка сказывается уже в десятых долях, а такая величина в случае 1-каратного камня слишком велика. Гораздо лучше использовать петлю из медной проволоки. Если постоянно используется одна и та же петля, то ее вес в воздухе и в погруженном до обычного уровня виде надо определить раз и навсегда.

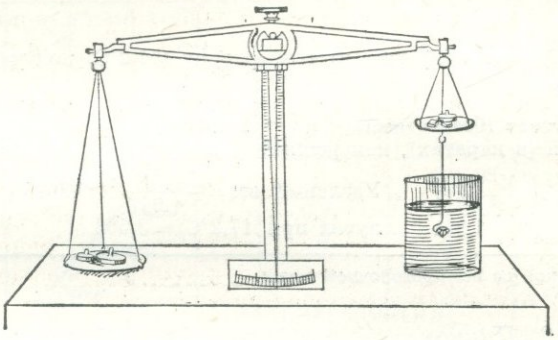


Рис. 75. Гидростатическое взвешивание.

Следует проследить также за тем, чтобы были удалены все пузырьки воздуха, цепляющиеся за камень или за проволочную петлю: их присутствие ведет к занижению измеряемой величины. Поверхностное натяжение воды, задерживая проволоку, мешает свободным колебаниям весов и затрудняет точное — до миллиграмма — взвешивание, когда проволока погружается в воду. Эту трудность можно преодолеть, заменив воду другой жидкостью, например толуолом, имеющим гораздо меньшее поверхностное натяжение. Другая рекомендуемая жидкость с низким поверхностным натяжением — двубромистый этилен $C_2H_4Br_2$, который при 18°C имеет плотность 2,184, убывающую или возрастающую на 0,002 при повышении или понижении температуры на 1°C. Плотность может слегка меняться, и ее можно легко проверить, погружая в эту жидкость кварц, удельный вес которого составляет 2,651; плотность жидкости определяется в этом случае из выражения $2{,}651 \times \times (W-W')/W$, где W и W' — вес куска кварца в воздухе и в жидкости соответственно.

Как указывалось выше, плотность воды при 4°C принимается за единицу, поэтому для вычисления удельного веса надо умножить получаемую величину на плотность, которую имеет жидкость при температуре наблюдения. В таблице, помещенной в части IV,

даны плотности воды и толуола при комнатной температуре. Обратите внимание, что точное знание температуры имеет гораздо большее значение в случае толуола.

Приведем примеры гидростатического определения удельного веса при использовании воды и толуола:

(*а*) Вода; кварц (бесцветный)
Вес камня (в каратах), измеренный

в воздухе	43,432
в воде [1]	27,059
разность	16,373

$$\text{Удельный вес} = \frac{43{,}432}{16{,}373} = 2{,}653\ (2{,}6527)$$

После введения поправки за температуру (14,2°С) получаем величину 2,651 (2,6507).

(*б*) Толуол: топаз (бесцветный)
Вес камня (в каратах), измеренный

в воздухе	20,318
в толуоле [1]	15,377
разность	4,941

$$\text{Удельный вес} = \frac{20{,}318}{4{,}941} \times 0{,}8665\ (\text{плотность толуола при } 17{,}2°\text{С}) = 3{,}563$$

[1] С поправкой на вес проволочной петли.

2. Пикнометрический метод определения удельного веса

Сосуд для определения удельного веса — это просто бутылка с довольно длинным горлышком, на которое нанесена горизонтальная метка. Бутылка закрывается стеклянной притертой пробкой. Усовершенствованная конструкция такой бутылки называется пикнометром. Самый лучший сосуд, предназначенный для этой цели, имеет два отверстия. Большее из них используется для заливки воды и опускания камня; оно закрывается пробкой, через которую проходит термометр. Другое отверстие венчает собой очень узкий отросток и закрывается надевающейся на него пробкой; на отросток нанесены деления, позволяющие определить высоту воды в сосуде.

Камень взвешивают, как и в предыдущем методе. Затем взвешивают бутылку, после чего ее наполняют водой до метки и взвешивают снова. Затем в бутылку опускают камень, а лишнюю воду удаляют с помощью фильтровальной бумаги или иным способом до тех пор, пока уровень не станет прежним, и производят новое взвешивание бутылки с ее содержимым. Пусть W — вес камня, w — вес бутылки, W' — вес бутылки и содержащейся в ней воды, W'' — вес бутылки, в которой находятся камень и вода. Тогда разность $(W'-w)$ будет соответствовать весу воды, заполняющей бутылку до метки, а $(W''-w-W)$ — весу воды, количество которой уменьшилось после погружения камня. Разность $(W+$

$+W'-W''$) — вес вытесненной воды. Отсюда удельный вес равен $W/(W+W'-W'')$. Как и в предыдущем методе, эту величину надо умножить на плотность жидкости при температуре эксперимента. Если используется прием двойного взвешивания, формула слегка видоизменяется.

Из всех методов, описанных выше, самым быстрым и наиболее удобным для камней обычного размера является метод тяжелых жидкостей (как его обычно называют); с его помощью можно получать значения удельного веса с точностью до второго десятичного



Рис. 76. Зависимость между светопреломлением и удельным весом.

знака, что достаточно для определения камня. Этот метод применим вне зависимости от того, насколько мал камень, и, в сущности, для очень маленьких камней это единственный надежный метод; для крупных камней он неудобен не только из-за большого количества требуемой жидкости, но и из-за того, что трудно оценить положение центра тяжести камня, когда производится сравнение с помощью индикаторов. Важным может оказаться и отрицательное определение, особенно в случае, если обращается внимание на то, с какой скоростью камень погружается в жидкости: более плотный камень тонет быстрее, но скорость зависит и от формы камня.

Гидростатическое взвешивание осуществимо всегда, если только камень не слишком маленький, но эта операция занимает значительное время. Третий метод предназначен главным образом для порошкообразных веществ и не рекомендуется для граненых камней, разве что для группы мелких крупинок, которые наверняка относятся к одному и тому же виду.

Значения удельного веса драгоценных камней приведены в таблице в части IV.

Перед тем как покончить с вопросом об удельном весе, рассмотрим соотношение между удельным весом и преломляющей способностью главных драгоценных камней. Вторая константа понимается как среднее арифметическое из трех главных показателей преломления двуосного камня $\frac{1}{3}(\alpha+\beta+\gamma)$, что соответствует $\frac{1}{3}(2\omega+\varepsilon)$ для одноосного камня или просто показателю преломления для изотропного камня. На рис. 76 показана зависимость между этими двумя константами для главных драгоценных камней. По горизонтальной оси дано светопреломление, а по вертикальной — удельный вес. Каждая точка показывает, таким образом, значения двух констант для соответствующих видов камней.

Хорошо видно, что многие точки лежат на прямой линии или около нее; иначе говоря, для соответствующих камней соотношение между светопреломлением и удельным весом почти постоянное. Существует три исключения из этой простой зависимости: алмаз, удельный вес которого сравнительно низок для его преломляющей способности; андрадит, для которого данное соотношение отклоняется в ту же сторону, хотя и не так сильно; топаз, удельный вес которого, напротив, выше, чем можно было бы ожидать по его преломляющей способности. То, что линейная зависимость, показанная на диаграмме, содержит некоторые отклонения, не удивительно: известно, что простой закон о связи между показателем преломления и плотностью, предложенный Гладстоном и Дэли [1] для жидкостей, не выполняется для твердых веществ.

[1] *J. H. Gladstone, T. P. Dale*, Researches on the refraction, dispersion, and sensitiveness of liquids, Phil. Trans. Roy. Soc., 1864, vol. 153, p. 337.

10
Другие физические свойства

а. Твердость и спайность

Твердость камня — это сопротивление, которое оказывает его поверхность при попытке поцарапать ее другим камнем или иным предметом; твердость представляет собой меру связности атомной структуры вещества. Каждый обладатель алмазного перстня знает, что алмаз легко царапает оконное стекло. Если мы станем пробовать другие драгоценные камни, то обнаружится, что и они царапают стекло, но не так легко, а если продолжать этот эксперимент, мы установим, что топаз царапает оконное стекло, но на самом топазе оставляет царапины корунд, который в свою очередь поддается всесильному алмазу. Следовательно, существуют значительные различия в способности драгоценных камней противостоять износу, абразии, т. е. камни, как обычно говорят, различаются по твердости. Чтобы упростить способ выражения этого свойства, минералог Фридрих Моос разработал в начале прошлого века следующую условную шкалу, которая широко употребляется до сих пор:

Шкала твердости (шкала Мооса)

1. Тальк.	3. Кальцит.	5. Апатит.	7. Кварц.	9. Корунд.
2. Гипс.	4. Флюорит.	6. Полевой шпат.	8. Топаз.	10. Алмаз.

Для практических целей полезно запомнить, что ноготь оставляет царапину на гипсе и более мягких веществах и что обычное оконное стекло немного мягче полевого шпата, тогда как стальное лезвие ножа немного тверже полевого шпата, приближаясь по твердости к кварцу, и легко царапает стекло. Поскольку различные виды драгоценных камней имеют по меньшей мере такую же твердость, как и кварц, их легко отличить от внешне на них похожих мягких стеклянных изделий с помощью напильника; до того как ввели в употребление рефрактометр, это был практически единственный в ювелирном деле способ проверки граненых камней.

Говоря, что камень имеет твердость 7, мы подразумеваем, что он не царапает кварц, а кварц не царапает его. Номер по шкале твердости указывает только на порядок в распределении по твер-

дости, но не имеет какого-либо количественного значения. Это важно учитывать, так как здесь часто допускают ошибку. Нельзя, например, считать, что алмаз (10) вдвое тверже апатита (5) или что твердость топаза и шпинели (8) составляет 80% твердости алмаза. В действительности интервал между алмазом и корундом гораздо больше, чем между корундом и тальком — самым мягким из минералов. Промежуточные степени твердости выражаются в виде дробей. Так, число $8\frac{1}{2}$, относящееся к хризобериллу, означает, что он царапает топаз примерно так же, как сам царапается корундом. Гранат пироп несколько тверже кварца (7) и несколько мягче берилла ($7\frac{1}{2}$), поэтому его твердость обозначается как $7\frac{1}{4}$.

Вследствие особенностей правильной атомной структуры, характерной для всех кристаллических веществ, твердость одного и того же камня может быть различной в разных направлениях. Большим различием твердости в разных направлениях среди других минералов выделяется кианит: твердость изменяется у него от 5 до 7, и в одних направлениях образец царапается ножом, а в других нет. Однако для большинства веществ этот интервал настолько мал, что обычными способами обнаружить различие не удается.

Ювелиры установили, что образцы одних и тех же минералов, полученные из разных мест, отличаются друг от друга по сложности процесса огранки и полировки. Так, об алмазах с Калимантана и из Нового Южного Уэльса говорят, что они существенно тверже алмазов из Южной Африки и из других мест и что при их огранке возникают известные трудности. Установлено также, что цейлонские сапфиры тверже, чем рубины, а кашмирские сапфиры — мягче. Хотя твердость, как и другие физические характеристики, может меняться от кристалла к кристаллу даже одного и того же минерального вида (благодаря изменению химического состава вследствие изоморфного замещения одного элемента другим), это не объясняет различий, обнаруженных ювелирами. Здесь накладывается другое свойство, которое можно назвать прочностью, или вязкостью. Оно возникает в результате двойникования, которое иногда имеет полисинтетический характер, и в результате других нарушений непрерывности внутренней структуры. Двойникование в алмазе, которое часто трудно распознать, может служить причиной того, что для огранки разных камней требуется затратить разный объем работы. Такое же объяснение пригодно для случая рубина и сапфира.

Для измерения твердости минералов делались попытки применить различные методы, основанные на сопротивлении камней царапанию, истиранию, сверлению, прокалыванию и деформации поверхности. Главная особенность этих попыток — очень плохое

совпадение результатов. Очевидный вывод состоит в том, что результаты разных методов несопоставимы и что сцепление в минералах является чрезвычайно сложным свойством.

Хотя установление твердости мало помогает при определении драгоценного камня, сама эта характеристика очень важна для камня в украшениях, поскольку именно от твердости зависит долговечность его полировки и блеска. Обычная пыль — это в основном мельчайшие частицы кварца, поэтому твердость драгоценного камня должна быть не меньше 7. Стеклянные пасты имеют твердость только немного выше 5, и поэтому, как показывает опыт, их полировка выдерживает всего несколько недель постоянной носки, не говоря уже о разрушительном действии на их поверхность вредных примесей в воздухе.

Испытание на твердость вполне подходит для того, чтобы отличить кварц и более твердые драгоценные камни от их стеклянных имитаций, поскольку последние легко поддаются действию напильника. Особенно полезно такое испытание в случае алмаза, потому что он, будучи гораздо тверже любого другого драгоценного камня, оставляет на стекле царапину значительно более глубокую, чем это можно сделать рубином или сапфиром.

Испытание на твердость нельзя рекомендовать для общего применения, так как существует очевидный риск повредить камень. Если камень заключен в оправу, желательно его вынуть оттуда и провести испытание на ободке камня, поскольку поцарапанное место можно в этом случае полностью закрыть, снова вставив камень в оправу. Все пятнышки надо стереть, чтобы убедиться, что они не связаны с попаданием порошка абразива, так как, если два вещества имеют примерно одинаковую твердость, часто возникает путаница. Если по той или иной причине требуется определить твердость граненого камня, лучше попытаться поцарапать углом этого камня какую-нибудь пластинку, а не царапать камень острием, поскольку в первом случае опасность повредить камень менее вероятна. Для удобства испытания минералов на твердость применяют так называемые эталонные острия, в которых кусочки материала с известной твердостью вставлены в небольшие держатели; по указанным уже причинам применять их для граненых камней чрезвычайно нежелательно, а если это неизбежно, то надо проявлять величайшую осторожность.

Твердость драгоценных камней приведена в таблице в части IV.

Связь между атомами, входящими в некоторые кристаллические структуры, такова, что в определенных направлениях сцепление оказывается очень слабым, тогда как во всех других — значительным; иными словами, даже очень твердые минералы могут легко раскалываться по плоскостям спайности. И действительно, это свойство характерно для многих минералов, сильно различающихся по твердости. Слюда, которая представляет собой очень мягкий

минерал (ее твердость около 2), легко расщепляется на пластинки тоньше листа бумаги. Алмаз, самый твердый из минералов, может раскалываться в четырех направлениях параллельно граням правильного октаэдра; это свойство используется в ювелирном деле для придания камню нужной формы перед огранкой, в результате чего экономится много труда. Чрезвычайно характерное свойство топаза — это та легкость, с которой он раскалывается под прямым углом к вертикальной кристаллографической оси. Плагиоклаз имеет два направления спайности, расположенные почти под прямым углом друг к другу, а сподумен легко раскалывается в двух направлениях, угол между которыми составляет около 87°. Как уже отмечалось выше, благодаря явлению полисинтетического двойникования кристаллы некоторых драгоценных камней (хорошо известный пример — корунд) имеют плоскости отдельности. Это свойство отличается от спайности тем, что раскол возможен только по плоскостям, разделяющим сдвойникованные пластинки.

В части IV приведен список драгоценных камней, характеризующихся наличием плоскостей спайности или отдельности.

Следует помнить, что все камни более или менее хрупки и раскалываются при достаточно сильном ударе; но неправильную поверхность излома, имеющую обычно раковистый облик, нельзя спутать с хорошо выраженной поверхностью раскола по спайности. Спайность во всех упомянутых здесь видах камней обнаруживается с различной легкостью. Чтобы расколоть алмаз, требуются значительные усилия, о чем, в сущности, можно судить по тому, что в давние времена надежным испытанием для выделения самого твердого из драгоценных камней считалось его сопротивление удару молотка. С другой стороны, топаз раскалывается так легко, что, если постучать им по твердому предмету, в камне начинают возникать «перья» зарождающихся трещин. Кунцит — прекрасная сиреневая разновидность сподумена — так легко раскалывается по спайности, что при его огранке надо проявлять осторожность. Эвклаз также относится к тем драгоценным камням, огранка которых очень затруднена сильным развитием спайности.

б. Электрические свойства и люминесценция

Определенная ориентировка внутренней структуры кристаллов обусловливает во многих случаях такие особенности, которые зависят от направления и могут быть обнаружены по электрическим свойствам. Если нагреть кристалл турмалина, он приобретает электрический заряд, а поскольку он является при этом и плохим проводником, то на обоих его концах возникают статические заряды противоположного знака, которые сохраняются, хотя и изменив знак, после остывания. Если поместить кристаллы турмали-

на в ящик с внутренним освещением, они там будут нагреваться и притягивать к себе большое количество тонкой пыли из окружающего воздуха. Топаз обладает такими же свойствами, но в меньшей степени. Если нагревать кристалл кварца, в нем также появляются на разных концах двойной оси статические заряды противоположного знака, но иногда это явление маскируется двойникованием. Электрические заряды можно обнаружить и в граненых камнях. Это свойство называется пироэлектричеством (от греческого слова πῦρ — огонь).

Наиболее удобный метод, позволяющий установить, приобрел ли камень после нагревания статические заряды, разработан Кундтом. Порошок, состоящий из смеси свинцового сурика и серы, помещают в устройство типа кузнечных мехов и направляют струю воздуха с этим порошком через сито на один конец камня. Благодаря возникающему при этом трению частицы порошка электризуются — сурик положительно, а сера отрицательно — и притягиваются к зарядам противоположного знака; соответствующие части камня можно различить по цвету прилипшей к ним пыли. Порошок должен быть сухим, иначе может произойти химическая реакция, ведущая к образованию сульфида свинца, который можно узнать по черной окраске. Предлагался и другой способ, при котором для отрицательного элемента используется сера, окрашенная кармином в красный цвет, а для положительного — желтый ликоподий (пыльца плауна).

Если алмаз, топаз или турмалин потереть куском ткани, то в результате трения появляется статический электрический заряд, достаточный для того, чтобы притягивать мелкие клочки бумаги; заряд будет положительным. Если так же поступить с янтарем, возникнет значительный отрицательный заряд. Свойство янтаря электризоваться в результате трения о ткань было известно давно: ведь именно от греческого названия янтаря — ἤλεκτρον — произошло наше слово «электричество».

Хотя электрические характеристики представляют значительный интерес для исследователя, особенно благодаря тому что они подтверждают некоторые предположения о кристаллографической симметрии ряда драгоценных камней, эти характеристики не имеют большого практического значения для различения камней, поскольку эти свойства проявляются в немногих минералах и их трудно исследовать [1].

---

[1] Здесь автор явно заблуждается; пьезоэлектрические свойства минералов широко используются в радиотехнике. Особенно большое значение приобрел пьезокварц. Монокристальные, недвойникованные кристаллы кварца добываются в очень больших количествах в природе и синтезируются на многих специализированных заводах. Стоимость пьезокварца много выше стоимости ювелирного кварца.— *Прим. ред.*

Некоторые драгоценные камни, как и многие другие вещества, обладают замечательным свойством испускать в ответ на возбуждающее действие падающих на них лучей другие лучи, которые отличаются по длине волны от первых. Если испускаемые лучи лежат в пределах видимого спектра, а возбуждающие их лучи находятся вне этого интервала, то это явление известно как *люминесценция*; оно имеет различные названия в соответствии с различными своими особенностями.

Если вещество начинает светиться под действием тепловых лучей, лежащих дальше красного конца видимого спектра, такое явление называется *термолюминесценцией*, а если нагрев происходит в результате трения — *триболюминесценцией*. Вспышки, возникающие при трении двух кремней друг о друга, служат примером последнего эффекта. Название «термолюминесценция» происходит от греческого слова θέρμη (тепло), «триболюминесценция» — от греческого слова τριβος (трение).

Когда возбуждение вызвано лучами, лежащими за фиолетовым концом видимого спектра, и свечение происходит только одновременно с возбуждением, явление называется *флюоресценцией*, а если свечение продолжается значительное время после прекращения возбуждающего действия — *фосфоресценцией*. (Это явление отличается от свечения фосфора в темноте, которое возникает в результате медленного окисления вещества.)

Фосфоресценция у драгоценных камней встречается редко. Многие алмазы светятся в темноте после пребывания на солнечном свету; как алмаз, так и кунцит фосфоресцируют после освещения ультрафиолетовыми лучами, в том числе и такими коротковолновыми, как эманации радия. Можно отметить, что при сходном возбуждении стекло не фосфоресцирует и, кроме того, оно непрозрачно для рентгеновских лучей; с другой стороны, алмаз пропускает эти лучи и, таким образом, его можно отличить от стеклянных подделок с помощью рентгеноскопии.

Сэр Джон Гершель открыл флюоресценцию в 1845 г. в ходе исследования раствора сернокислого хинина, однако объяснение этому замечательному явлению дал в 1852 г. сэр Дж. Г. Стокс в результате детального изучения люминесцирующих минералов: флюорита, отунита, апатита, арагонита, хризоберилла, кианита и топаза, а также различных органических веществ, включая сернокислый хинин. Именно Стокс впервые ввел термин «флюоресценция». Он писал: «Я решился подобрать для этого явления какое-нибудь новое название и собираюсь назвать его флюоресценцией — от слова «флюорит», по аналогии с термином *опалесценция*, который также является производным от названия минерала».

Для изучения флюоресценции Стокс использовал метод, который известен теперь как метод скрещенных светофильтров. Обычный свет пропускается через синий светофильтр (например, через

сосуд, содержащий насыщенный раствор сульфата меди) и используется потом для освещения кристалла, размещенного на черном фоне. Если смотреть через красный светофильтр, легко можно заметить красное свечение флюоресцирующего минерала.

Лучше всего флюоресценция проявляется под действием лучей с длиной волны только немного более короткой, чем у видимых фиолетовых лучей, а самый лучший их источник — спектр, излучаемый раскаленными парами ртути. Этот спектр содержит несколько четких линий, а именно: дублет в желтом цвете (5791 и 5770 Å), одну линию в зеленом (5461 Å) и две линии в фиолетовом (4358, 4047 Å) (все они относятся к видимому спектру), а также четкую линию (3650 Å) на самой границе видимости и три линии с короткой длиной волны (3341, 3132, 3125 Å). Фиолетовая окраска света ртутных ламп, которые наряду с неоновыми лампами широко используются в наше время для декоративного освещения, представляет собой эффект воздействия четких видимых линий на наши глаза. Поскольку этот сильный свет не позволяет увидеть производимую им флюоресценцию, необходимо как-то отсечь эти лучи. К счастью, имеется один из видов темного стекла, известный как светофильтр Вуда, который поглощает практически весь видимый спектр, свободно пропуская ультрафиолетовые лучи. Поэтому в ящике, содержащем ртутную лампу, делается окно, которое закрывается куском темного стекла, и этот ящик помещают в специальную темную комнату, куда попадание обычного света может быть исключено. Когда лампа включена, в окошке не будет ничего видно, пока в поле ультрафиолетовых лучей не появится флюоресцирующее вещество, которое будет светиться лучами характерного для него цвета, образующегося, как и в случае цвета, обусловленного поглощением, в результате сложения различных испускаемых лучей видимой части спектра. Исследование показало, что реакция различных веществ на ультрафиолетовое облучение может меняться в зависимости от длины волны падающих лучей. Излучение с четкой линией 3650 Å обычно дает, как говорилось выше, наиболее наглядный эффект. Однако этот эффект может оказаться не столь полезным для диагностических целей, как результат «коротковолнового» ультрафиолетового облучения. Электрический разряд в разреженных парáх ртути, заключенных в колбу из кварцевого или специального стекла, возбуждает излучение с очень короткой длиной волны — вплоть до 1800 Å. Большая часть видимого спектра и более длинноволновые ультрафиолетовые лучи поглощаются светофильтром из особого стекла (Chance OX 7), который хорошо пропускает сильное излучение с длиной волны 2537 Å. В лампе другого типа используется флюоресцирующая трубка, которая при соответствующем фильтре испускает непрерывный спектр от ультрафиолетовых лучей (около 3000 Å) до видимых фиолетовых лучей (около 4200 Å). Не следует забывать,

что ультрафиолетовые лучи обладают проникающей способностью и что надо принимать меры, чтобы эти лучи не попадали в глаза и, в сущности, на любую часть тела дольше, чем в течение одной-двух секунд.

Следует помнить, что флюоресценцию нельзя считать постоянным свойством какого-либо из драгоценных камней; даже флюорит, в котором она так хорошо выражена и которому это явление обязано своим названием, не всегда обладает этим свойством. Однако некоторые виды драгоценных камней неизменно характеризуются заметной флюоресценцией. Например, в «длинноволновых» ультрафиолетовых лучах рубин и рубиново-красная шпинель, а также соответствующие синтетические материалы обнаруживают очень яркую красную флюоресценцию; как указывалось выше, их спектры поглощения содержат несколько линий в красной части спектра, связанных с флюоресценцией. У многих алмазов наблюдается флюоресценция небесно-голубого цвета, но она может быть и бледной, и очень яркой; некоторые алмазы флюоресцируют желтым или зеленоватым светом. Однако алмазы настолько неодинаковы в этом отношении, что в качестве способа идентификации брошей с многочисленными алмазами было предложено их фотографирование. Ниже перечислены драгоценные камни, флюоресцирующие в ультрафиолетовых лучах (в скобках дается цвет возникающего свечения): кунцит (телесно-розовый), опал (голубой или желтоватый), бирюза (зеленый), флюорит (фиолетовый), некоторые цирконы (горчичный), данбурит (небесно-голубой), некоторые виллемиты (ярко-зеленый) и некоторые изумруды (красный). Кроме того, флюоресценция проявляется и у некоторых ценных органических материалов. Как бледный, так и темный янтарь излучает зеленовато-голубое сияние, особенно на свежих поверхностях. Жемчуг, как природный, так и искусственно выращенный, флюоресцирует разным цветом в зависимости от того, где жили устрицы данного вида; особенно приятна для глаз небесно-голубая флюоресценция восточных и австралийских жемчужин, но различие в свечении естественного и искусственно культивируемого жемчуга недостаточно для целей идентификации.

Действие, производимое «коротковолновой» лампой, обычно слабее, и флюоресценция может быть иного цвета. Однако некоторые самоцветы, инертные в длинноволновых лучах, флюоресцируют в этом случае очень сильно; например, бенитоит дает ярко-голубое свечение, и его можно, таким образом, легко отличить от сапфира, который инертен. Бесцветные синтетические шпинели, едва заметно светящиеся при длинноволновом облучении, обнаруживают ярко-голубую или фиолетовую флюоресценцию в коротковолновых лучах; окрашенные синтетические шпинели ведут себя таким же образом, хотя на эффект флюоресценции влияет в этом случае собственный цвет камня.

Поскольку ультрафиолетовые лучи составляют большую долю в радиации Солнца, вид флюоресцирующего камня на ярком солнечном свету представляет собой эффект сложения цветов, определяемых поглощением и характерной для этого камня флюоресценцией. Рубин своей красотой во многом обязан флюоресценции. Это же свойство можно заметить при дневном свете у некоторых опалов, у янтаря, а также у большинства образцов флюорита.

Эффект флюоресценции вызывается также рентгеновскими и катодными лучами, длина волны которых еще короче, чем у ультрафиолетовых лучей. Флюоресценция от рентгеновских лучей в целом слабее, но, с другой стороны, некоторые камни, не реагирующие на ультрафиолетовые лучи, лучше возбуждаются рентгеновскими лучами, которые поэтому применяются чаще. Совершенно ясно, что для диагностических целей лучше всего исследовать эффект флюоресценции, возникающий у камня в обоих диапазонах ультрафиолетовых лучей и в рентгеновских лучах. По характеру вызываемой флюоресценции катодные лучи похожи на рентгеновские, но свечение здесь гораздо ярче.

Увеличение длины волны световых лучей знакомо каждому. Обычное оконное стекло прозрачно для видимых лучей, но не пропускает инфракрасные лучи, которые главным образом вызывают нагревание. Когда солнечные лучи падают, например, на теплицу, световые лучи проходят через стекло, а инфракрасные лучи задерживаются. Длина волны световых лучей возрастает в результате отражения от предметов внутри помещения, и возникающие при этом инфракрасные лучи захватываются стеклом. В результате температура внутри помещения растет; дополнительное тепло, производимое тепловыми лучами, падающими снаружи, передается внутрь путем теплопроводности.

Пьезоэлектричество (от греческого слова πιέζω — давление) не дает большого эффекта при диагностике камней, однако было доказано его огромное значение для сохранения устойчивости длины волны в радиовещании и в службе точного времени. Это явление можно рассматривать как нечто противоположное пироэлектричеству, так как возникающие заряды соответствуют тем, которые образуются, когда данный кристалл сокращается в результате охлаждения. Пьезоэлектрический эффект проявляется в турмалине и в кварце.

II
Технология обработки и история

11
Единица веса

Единица, используемая для взвешивания драгоценных камней, *карат*, равна $^1/_5$ грамма, или 200 мг. В Великобритании карат принят как стандартная единица веса 1 апреля 1914 г. Раньше эта единица называлась метрическим каратом; такое название иногда используют до сих пор, чтобы отличать метрические караты от прежних единиц веса. Для жемчуга используется меньшая единица, а именно *гран*, составляющий четверть карата, или 50 мг. В обоих случаях вес измеряют до второго десятичного знака, третью цифру отбрасывают, какова бы она ни была. Для некоторых драгоценных камней, как правило, сравнительно крупных, в качестве единицы веса используется грамм, а для еще более крупных — килограмм; иногда используются также унции и фунты.

Цена драгоценного камня вычисляется путем умножения цены карата на вес камня, но цена карата повышается с увеличением размера камня, причем в отдельных случаях очень резко; исключение составляют поделочные камни.

Цену жемчуга определить значительно сложнее; ее вычисляют исходя из так называемой базовой цены, устанавливаемой в зависимости от его качества, и стоимость партии жемчуга исчисляется по формуле $p \cdot \Sigma\frac{w^2}{n}$, где n — количество жемчужин каждого сорта, w — их общий вес в гранах, p — базовая цена. Обычно сначала определяется вес одной жемчужины, затем его умножают на общий вес, а произведение умножается на базовую цену. Понять сущность метода могут помочь два следующих примера:

а. Партия жемчуга, состоящая из 44 ниток, содержит 1529 жемчужин двух разных размеров. Базовая цена — 50 пенсов.

Количество ниток	n	Караты	w	$\frac{w}{n}$	$\frac{w^2}{n}$
26	827	143,62	574,48	0,69	396,39
18	702	63,70	254,80	0,36	91,72
44	1529	207,32	829,28		488,11

Конечное произведение (488,11) умножается на базовую цену, и определяется стоимость всей партии: 244,05 фунта стерлингов.

б. Партия содержит 64 отдельные жемчужины четырех размеров. Базовая цена — 20 пенсов.

n	Караты	w	$\frac{w}{n}$	$\frac{w^2}{n}$
5	7,80	31,20	6,24	194,68
10	13,53	54,12	5,41	292,78
17	16,75	67,00	3,94	263,98
32	24,61	98,44	3,07	302,21
64	62,69	250,76		1053,65

Конечное произведение (1053,65) умножается на базовую цену. Стоимость партии составит 240,73 фунта стерлингов.

На рис. 77 и 78 показаны точные размеры алмазов бриллиантовой огранки и жемчужин сферической формы, соответствующие определенным весам. Вес дается в каратах и гранах. Размеры других драгоценных камней будут отличаться от размеров алмазов

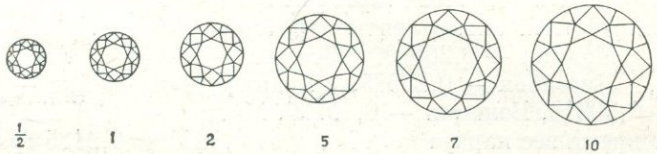


Рис. 77. Размер бриллиантов различного веса (вес указан в каратах).

такого же веса, так как вес — это произведение объема на удельный вес. В случае камней одинаковой правильной формы (в данном примере — бриллиантовой огранки) объем будет пропорционален кубу диаметра. Следовательно, диаметр любого другого камня бриллиантовой огранки будет относиться к диаметру алмаза такого же веса как кубический корень из обратного отношения удельных весов. Кварц, обладающий малым удельным весом, значительно крупнее, чем алмаз такого же веса, а размер кристалла

циркона, удельный вес которого выше, чем у алмаза, будет значительно меньше.

Существуют шаблоны для оценки веса алмазов бриллиантовой огранки и жемчуга. В обоих случаях камни не надо вынимать из оправы. Несколько более точный метод, с использованием кронциркуля, был предложен Шарлем Мо; вес определяется по таблицам, при этом может быть учтено отклонение от идеальной формы.

Примечательно, что, несмотря на высокие цены, которые из столетия в столетие запрашивались за драгоценные камни, и соответственно несмотря на важность точного определения и точной

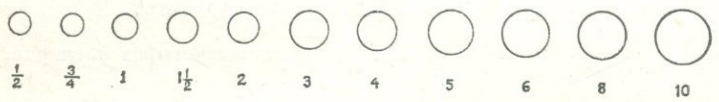


Рис. 78. Размер круглых жемчужин различного веса (вес указан в гранах).

записи веса камня, не существовало никаких эталонов веса для карата, до тех пор пока эта единица не была выражена в метрической системе весов. До этого вес карата был не только различный в разных торговых центрах мира, но мог с течением времени меняться даже в одних и тех же местах. До введения метрического карата его вес в Лондоне считался равным 3,1683 аптекарского грана (0,20530 г), одна тройская унция (480 гранов) определялась как единица, равная 151,5 карата. Однако эта единица не считалась официальной, не было никаких признанных эталонов, хотя фактически единица веса, называвшаяся каратом, использовалась в Англии еще со времен норманнов. Стандартной единицей веса драгоценных камней в Соединенном Королевстве считалась, как и для драгоценных металлов, тройская унция. До введения метрического карата в главных торговых центрах мира использовались приведенные ниже эквиваленты каратов в граммах: Флоренция — 0,19720, Мадрид — 0,20539, Берлин — 0,20544, Амстердам — 0,20570, Лиссабон — 0,20575, Франкфурт-на-Майне — 0,20577, Вена — 0,20613, Венеция — 0,20700, Мадрас — 0,20735. Фактически в то время вес карата колебался от 0,1885 до 0,2135 грамма.

Еще одна странность заключалась в том, что доли карата выражались не в десятичных дробях, а в последовательных степенях $\frac{1}{2}$ вплоть до $\frac{1}{64}$. Промежуточные веса (меньше карата) давались в виде ряда дробей, например $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{64}$; в случае алмаза дробь не сокращалась и в знаменателе оставалось число 64, например $\frac{40}{64}$. Все эти чудачества исчезли с началом использования метрического карата и нормальной десятичной записи, с ограничением до второго десятичного знака.

Первоначально в разных частях света в основу определения веса было положено сравнение с весом зерен определенных злаков, обычных для данного района и близких по размерам и весу. В Европе наименьшей единицей веса было, по-видимому, ячменное зерно. Поскольку в древности драгоценные камни попадали в Европу с Востока (потому-то многие самые красивые камни получили почетное название «восточных»), то именно там следует искать растение, семена которого изначально использовались как мера веса драгоценных камней. Возможно, что древняя единица веса драгоценных камней связана с семенами акации *Ceratonia siliqua*, широко распространенной в странах Средиземноморья; средний вес [1] семени акации приблизительно равен карату. Более того, слово «карат» образовано от греческого названия этого растения κεράτιον, что означает «маленький рог» и связано с формой стручков.

Некоторые авторы [2] предлагают другую, менее вероятную версию происхождения слова «карат» от слова *kuara* — местного названия кораллового дерева *Erythrina corallodendron*, средний вес семени которого приблизительно равен среднему весу семени акации [3].

Интересно отметить, что у греков семя акации κεράτιον, так же как у римлян его эквивалент — семя *siliqua*, служило гирькой, а во времена императора Константина выпускалась золотая монета солидус весом в 24 таких семени. Вполне вероятно, что это послужило источником другого, современного значения слова «карат» как меры чистоты (пробности) золотого сплава [4].

---

[1] Сэр Артур Черч определяет этот средний вес в $3^1/_6$ аптекарских грана, т. е. 0,205 г (Precious Stones, London, 1924, p. 71). Спенсер дает несколько меньшее значение среднего веса, полученное при взвешивании 50 семян, взятых наугад, а именно 0,197 г (Mineralogical Magazine, 1910, vol. XV, p. 324). Кост по выборке, состоящей из 40 семян разного размера, вес которых колебался в пределах от 0,120 до 0,268 г, вычислил среднее арифметическое, равное 0,2004 г, возможное отклонение равно 0,0235 г; медиана и мода, полученные по распределению весов в выборке, равны соответственно 0,207 и 0,204 г. Кост также установил, что на вес сильно влияют колебания влажности (Nature, 1917, vol. 99, p. 185).

[2] Л. Фейхтвангер, например, пишет: «Драгоценные камни продают на вес — караты и граны. Один карат равен 4 гранам, а 44 карата равны одной унции. Название «карат» произошло от названия кораллового дерева *(Erythrina)*, красные стручки которого в высушенном состоянии прежде использовались для взвешивания золотого песка; вес каждого из них считался равным четырем гранам, или одному карату» (A Popular Treatise on Gems, New York, 1859, p. 181). Следует отметить, что автор, вероятно, хотел сказать, что 144 (а не 44) карата составляют одну унцию.

[3] Спенсер определил средний вес семян этого растения, который также равен 0,197 г.

[4] Например, в 18-каратовом золоте содержится 18 частей драгоценного металла и 6 частей цветных металлов.

Только в конце прошлого столетия четко определилась необходимость установить вес карата на основании определенного эталона. В 1871 г. парижская Палата драгоценностей внесла предложение считать вес карата равным точно 0,205 г. Это предложение было одобрено парижской Палатой торговцев алмазами и камнями в 1877 г., но больше нигде поддержки не получило. Таким образом, дело не сдвинулось с мертвой точки вплоть до 1907 г., когда было предложено использовать так называемый метрический карат, равный 200 мг. Предложение было внесено Международным комитетом мер и весов и принято на 4-й Генеральной конференции по вопросам мер и весов в Париже.

Зная, в каком городе был принят в качестве единицы веса метрический карат, едва ли стоит удивляться тому, что Франция возглавила борьбу за международное признание официальной единицы веса драгоценных камней, причем французское правительство через своих послов вело переговоры с заинтересованными странами. В Великобритании Министерство торговли направило в связи с этим циркулярное письмо ведущим членам ювелирного «цеха» страны, но мало кто из них потрудился даже просто ответить. Откликнувшиеся придерживались различных мнений, но большинство было против каких-либо изменений в используемом карате. Такую апатию легко объяснить: мелкие торговцы не испытывали трудностей при существующей системе, так как одна и та же единица была в употреблении по всей стране, и несмотря на то что розничные торговцы получили бы прибыль при введении новой международной единицы, многих, возможно, пугала необходимость приобретения новых гирь и переучет имеющегося запаса (с целью установления веса в новых единицах) в течение переходного периода. Тогда Министерство торговли пришло к заключению, что время для подобной меры еще не наступило. Французское посольство должным порядком было поставлено в известность, что в течение некоторого времени никаких мер приниматься не будет, однако этот вопрос может быть поставлен снова, если основные европейские страны перейдут к новой единице.

Итак, в Великобритании решение вопроса отложили на несколько лет; но вскоре начали действовать сами союзы торговцев ювелирными изделиями, вдохновляемые наиболее передовыми своими представителями. По настоянию своего Просветительского комитета Национальная ассоциация ювелиров по золоту на своей ежегодной конференции в Скарборо в июле 1912 г. приняла резолюцию, рекомендующую введение метрического карата в качестве стандартной единицы веса для драгоценных камней. Ассоциация лондонских оптовых торговцев-ювелиров и ремесленников приняла подобную резолюцию в феврале 1913 г. Обе резолюции были переданы в Министерство торговли. Правда, Объединенный комитет ювелиров и мастеров по серебру остался весьма равнодушным к это-

му мероприятию и на собрании в октябре 1912 г. вынес отрицательную резолюцию; причина того, что более твердая линия не возобладала, заключалась, по-видимому, в том, что многие члены этого комитета не были прямо заинтересованы в подобном решении. Однако к октябрю 1914 г. Министерство торговли было уже достаточно твердо уверено в поддержке ювелиров и предприняло необходимые меры для принятия правительственного декрета, по которому на основании Закона о мерах и весах (т. е. о метрической системе) 1897 г. предписывалось официально ввести метрический карат. Вступление декрета в силу было отложено до 1 апреля 1914 г., дабы у торговцев было достаточно времени для приобретения новых гирь и для установления веса имевшегося у них товара. Как будет показано дальше, четыре страны, занимающие ведущее место в торговле драгоценными камнями,— Великобритания, Голландия, Бельгия и Соединенные Штаты Америки — одновременно ввели метрический карат в рамках чрезвычайного законодательства. С введением этой долгожданной реформы Великобритания значительно продвинулась вперед[1]. В Южной Африке введение метрического карата из-за первой мировой войны задержалось до 1923 г. Стоит отметить, что в Великобритании использование метрического карата допустимо, но не обязательно. Любой торговец, если он так упрямо цепляется за старое, может использовать вместо карата любую другую официальную единицу веса.

Метрический карат был официально принят в нижеперечисленных странах в следующие сроки: 1908 г.— Испания, 1909 г.— Япония, Швейцария; 1910 г.— Болгария, Дания, Италия, Норвегия; 1911 г.— Голландия, Португалия, Румыния, Швеция; 1912 г. — Франция; 1913 г.— Бельгия, США; 1914 г.— Великобритания; 1922 г.— Австрия, Ирландия, Мексика, СССР, Таиланд; 1923 г.— Южная Африка; 1930 г.— Чехословакия, Польша. Хотя Голландия приняла соответствующий закон в 1910 г., в торговых операциях карат стал там использоваться с 1913 г., одновременно с введением этой единицы в Бельгии. Очевидно, что в некоторых странах не было необходимости отдельно вводить метрический карат: его можно было использовать по давно уже действовавшей там метрической системе мер и весов. Таким образом, в настоящее время метрический карат является международной единицей измерения веса драгоценных камней и пользуется всеобщим признанием.

[1] Подробности введения метрического карата в Великобритании изложены в другой работе автора этой книги: *G. F. Herbert Smith*, Great Britain and the Metric Carat, Watchmaker and Jeweller, Silversmith and Optician, 1940, p. 117—118.

12
Обработка драгоценных камней

Многие виды драгоценных камней природа одарила блестящими сверкающими гранями, с поверхностной игрой света, однако природная форма никогда не сможет раскрыть полностью оптические свойства, которые придают камню очарование. Неправильности, отклонения от совершенства формы часто возникают в процессе роста кристалла. Естественные грани редко бывают совершенными; исключением являются грани очень маленьких кристаллов. Часто грани кристаллов в большей или меньшей степени испещрены бороздами и ямками; эти неровности хорошо заметны, если размеры кристаллов достигают величины нескольких сантиметров. Кроме того, кристаллы могут быть поломаны либо в результате деформации породы, в которой они сформировались, либо при их извлечении из материнской породы; при трении о камни равной или большей твердости они могут приобретать шероховатость, стираться при продолжительном воздействии воды, подвергаться травлению различными растворителями. Прекрасные октаэдры алмаза или шпинели можно вставлять в оправу без предварительной обработки, но и их облик улучшается после того, как они побывают в руках гранильщика. Придание формы драгоценным камням, предназначенным для ювелирных украшений,— это только первая стадия обработки. Вторая, заключительная, стадия — это изготовление оправы. Иногда форма оправы определяет форму, которую следует придать камню, предназначенному для закрепления в этой оправе.

а. История и формы огранки камней

В древние времена почти не пытались придавать камням форму, и все сводилось к шлифовке и полировке природных граней. Мастера добивались только проявления поверхностной окраски, а внутренняя игра камней оставалась нераскрытой. Камни обычно нанизывались на нитку, и их носили на шее в виде кулона или ожерелья; тогда еще не возникала необходимость изменять форму камней. В особо важных случаях, например при изготовлении наперсника для Первосвященника, ювелир должен был подобрать камень, удовлетворяющий по цвету и размерам определенным требо-

ваниям, и подогнать к нему оправу, а не наоборот — подогнать камень к оправе, как это делается в наше время. Замечательными примерами древних драгоценностей, первоначальная форма которых сохранена до наших дней, являются исторические камни «Рубин Черного принца» и «Рубин Тимура»; поэтому они считаются самыми интересными драгоценностями среди сокровищ Британской короны.

1. Кабошоны

Самый древний способ огранки, который используется и в наше время,— придание камню округлой формы, известной под названием «кабошон». Это слово образовалось от французского слова, которое в свою очередь произошло от латинского cabo — голова. Очень давно, во времена императоров Древнего Рима, таким способом часто обрабатывались более мягкие камни. Считалось, что такие камни помогают людям, страдающим близорукостью; это объясняется тем, что прозрачные камни, обработанные в виде полного кабошона, представляют собой вогнутую линзу. Известно, например, что Нерон наблюдал бои гладиаторов через кристалл изумруда [1]. Этот стиль долгое время пользовался преимуществом при обработке таких цветных камней, как изумруд, рубин, сапфир и гранат; в настоящее время эти камни не обрабатываются в виде кабошона; эта форма используется лишь при обработке «кошачьего глаза», звездчатых камней и главным образом непрозрачных и полупрозрачных камней и камней с какими-либо дефектами. Темно-красному гранату, который некогда называли карбункулом, настолько часто придавалась подобная форма, что слову «кабошон» стали приписывать другое значение — красный гранат, обработанный кабошоном. В середине прошлого века это был самый популярный камень для брошей, но сейчас он вышел из моды.

Если форма кабошона придается камню со всех сторон, образуется бусина, все еще пользующаяся популярностью среди народов Востока. В бусинах просверливается отверстие, затем они нанизываются на нить, и их носят как ожерелье. Местные гранильщики часто усиливают цвет слабоокрашенных камней, заполняя отверстие подходящей краской.

Кабошоны могут быть трех различных типов с постепенным переходом от одного к другому. Первый (рис. 79) тип — выпуклый кабошон. Обе поверхности камня, верхняя и нижняя, изогнуты, причем кривизна имеет одинаковый знак, хотя ее величина может значительно меняться. При огранке лунных и звездчатых камней таким способом верхнюю поверхность делают более выпуклой для

[1] Nero princeps gladiatorum pugnas spectabat smaragdo, Pliny, op. cit., кн. 37, гл. 5. Возможно, что изумруд использовался в качестве зеркала.

лучшего проявления оптического эффекта. Напротив, рубину или сапфиру, обладающим глубоким цветом, при обработке в форме выпуклого кабошона придают другие очертания, так как свет легче проникает в камень со стороны менее выпуклой поверхности и более полно отражается от другой стороны с последующим усилением свечения камня. Опалы всегда делаются более выпуклыми на открытой стороне, но кривизна поверхности меняется в значительных пределах; они обычно круто обрезаются, если камень вставляется в кольцо. Хризоберилловый «кошачий глаз» всегда обрабатывается

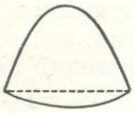


Рис. 79. Двойной (выпуклый) кабошон.

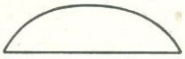


Рис. 80. Простой кабошон.

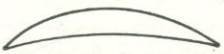


Рис. 81. Двойной (выпукло-вогнутый) кабошон.

с искривлением основания, для того чтобы усилить цвет и сохранить вес.

При уплощении менее выпуклой стороны выпуклый кабошон переходит во второй тип — простой кабошон (рис. 80), у которого нижняя поверхность плоская. Эта форма обработки обычно используется для кварцевого «кошачьего глаза» и иногда для карбункулов. Плоская сторона у камня, обработанного простым кабошоном, всегда расположена внизу.

При смене знака кривизны нижней поверхности простой кабошон переходит в кабошон третьего типа — выпукло-вогнутый кабошон (рис. 81); при этом в камне снизу делается выемка, а от рундиста знак кривизны резко меняется. Этот способ предпочитают при обработке темных камней, таких, например, как густо-окрашенные карбункулы, которые, будучи огранены более толсто, почти не проявляют цвета. В выемку часто помещают кусочек станиоля (оловянной фольги), для того чтобы усилить отражение света и таким образом увеличить цветовой эффект.

2. Камни с фасетной огранкой

В древности считалось, что алмаз нельзя обрабатывать из-за его чрезвычайной твердости, и вплоть до XV в. вся обработка алмазов сводилась к удалению смолоподобной корочки, обычно скрывающей форму индийских камней, и полировке естественных граней или поверхностей. Широко распространенное мнение о том, что шлифовку граней алмаза металлическими дисками с алмазным порошком ввел Луи де Беркан из города Брюгге, было опровергнуто Анри Поллаком, который не смог установить достовер-

ность существования этого мастера; вполне возможно, что этот способ зародился в Индии [1]. Вначале гранильщики, торжествуя свою победу над непокорным камнем, придавали ему различные фантастические формы и не осознавали, каким могучим средством усиления красоты алмазов они располагают.

Индийские мастера либо независимо открыли способ огранки алмазов, либо переняли его, ибо путешественник Таверньe [2], посетивший в 1665 г. Индию, увидел много активно работающих гранильщиков, которые, однако, не обладали бóльшими познаниями и не были более искусны по сравнению с европейскими мастерами. Если алмаз был совершенно чистый, они ограничивались полировкой естественных граней. Однако если камень был с трещинами или пятнами, его покрывали многочисленными маленькими гранями, расположенными беспорядочно. Они умели хорошо скрывать пороки камня, нанося на него множество мелких граней. Первоначальная форма камня оставалась неизменной, никаких попыток улучшить симметрию не предпринималось. Как будет показано в главе «Исторические камни», Индия взрастила гранильщиков, обладающих мастерством и терпением, столь необходимыми при обработке алмазов.

1. Алмазные наконечники и алмазные таблицы. За довольно большой промежуток времени в деле моделирования форм огранки алмазов было сделано очень мало, и даже во второй половине XVI в. были известны только правильные формы огранки алмазов — алмазный наконечник и алмазная таблица [3]. Зная форму кристаллов алмаза, мы можем легко представить, что обе эти формы огранки основаны на использовании правильного октаэдра. Алмазный наконечник образован природными гранями кристалла, которые в случае необходимости шлифуются до правильной формы. В течение длительного времени эта форма огранки использовалась для мелких алмазов, которыми украшали кольца с крупными цветными камнями. Поскольку подбирались кристаллы, достаточно близкие по форме к совершенному октаэдру, то и затраты труда на придание им формы были сравнительно невелики. Далеко не так просто обстояло дело при огранке алмазных таблиц. Во-первых, камни обязательно должны были быть намного крупнее, иначе они едва ли становились бы ценнее после огранки. Алмазная таблица (рис. 82) образуется из правильного октаэдра при стачивании одного из внешних углов до образования грани — таблички, ширина которой равна половине ширины центрального квадратного се-

[1] См. *A. Selwyn*, The Retail Jeweller's Handbook, London, 1945, p. 210.

[2] *Жан-Батист Таверньe* (Jean Baptiste Tavernier, 1605—1689).

[3] Adamas. 1, Acuminatus, figurae quadragulae. Ein Diemant punckt. 2, Quadratus planus. Ein Diemant tafel. *Johannes Kentman* (Сборник трактатов Иоганнеса Кентмана и Конрада Геснера под общим заглавием «De omni rerum fossilium genere, etc.», 1565, p. 47).

чения; расположенный напротив внешний угол стачивается незначительно, только до образования маленькой грани — колеты, параллельной табличке. Время и труд, которые затрачивались на удаление $^1/_{16}$ доли общей массы камня при помощи примитивных инструментов той эпохи, должны были быть огромными. Возможно, иногда использовали и пилу, однако это наверняка была руч-

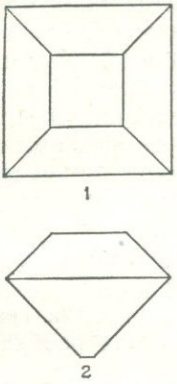


Рис. 82. Алмазная таблица: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

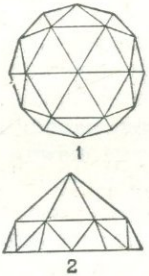


Рис. 83. Голландская роза: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

ная пила; вращающуюся алмазную пилу стали применять только сто лет назад. Часть камня, полученная при спиливании верхушки полного октаэдра, шла на изготовление более мелких драгоценных камней.

В самых древних алмазах-таблицах наклонные грани верхней части камня — коронки и нижней части — павильона, или базы, были образованы естественными гранями октаэдра, отполированными и отшлифованными. Угол между гранью и стороной рундиста был равен 54°44′. Впоследствии был достигнут больший эффект при уменьшении этих углов до 45°, так что грани коронки и павильона образовывали друг с другом прямой угол, разделяемый рундистом.

2. Огранка розой. Огранка розой в своей наиболее симметричной форме состоит из полусферы с нанесенными на нее 24 правильно расположенными треугольными гранями и плоской базы (рис. 83). Это одна из форм огранки, изобретение которых часто приписывают кардиналу Мазарини [1], но вполне вероятно, что эта

[1] *Жюль Мазарини* (1602—1661) стал кардиналом в 1640 г., в 1642 г. заменил Ришелье на посту первого министра Франции и занимал эту должность до смерти. Он собрал великолепную коллекцию алмазов и завещал их Французской короне.

огранка впервые появилась в Индии и была завезена в Европу венецианскими купцами в XVI в. В наше время розой гранятся только мелкие алмазы.

Существует шесть или семь вариантов огранки розой. Во всех вариантах имеется плоское основание, а расположение граней

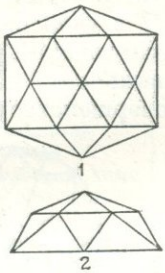


Рис. 84. Полуголландская роза: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

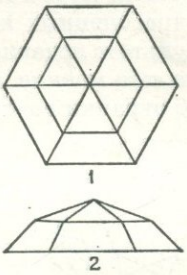


Рис. 85. Антверпенская роза: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

соответствует симметрии шестого порядка, если смотреть сверху. Голландская роза (рис. 83) — это типичная форма огранки розой, имеющая 24 треугольные грани; полуголландская роза (рис. 84) и антверпенская роза (рис. 85) содержат меньше граней — 16 и 12 соответственно; у двойной голландской розы (рис. 86) — 36 гра-

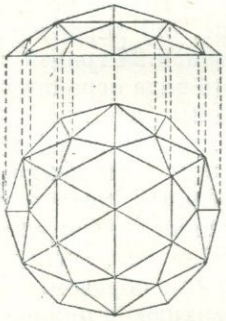


Рис. 86. Двойная голландская роза.

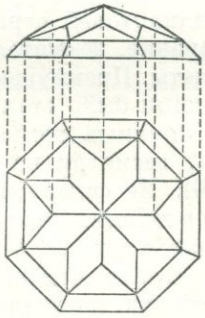


Рис. 87. Крестовая роза.

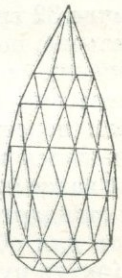


Рис. 88. Бриолет.

ней. Грани, как правило, треугольные, однако в одной разновидности огранки — крестовой розе (рис. 87) большинство граней четырехугольные.

Огранку бриолет (грушевидная капля) (рис. 88) можно считать видоизмененной формой двойной розы. Она выполняется характерными треугольными гранями. Бриолет (иногда писалось «брильо-

лет») использовался французскими ювелирами для грушевидных алмазов.

3. Бриллиантовая огранка. На протяжении многих лет считалось, что эта форма огранки впервые была использована гранильщиком XVII в. Винченцо Перуцци, вероятно венецианцем. Так считалось по крайней мере в 1833 г.; этот факт упоминается в книге Кэра «Наука о драгоценных камнях», вышедшей в указанном году. Однако в результате недавно проведенных исследований удалось установить, что «это мнение, возможно, неправильное» [1]. По-видимому, этот способ огранки возник в процессе усовершенствования прими-

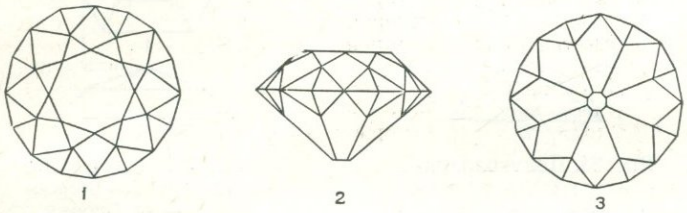


Рис. 89. Ранняя форма бриллиантовой огранки: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

тивной огранки таблицей, распространенной в XVII в., которая прошла через множество промежуточных форм с дополнительными гранями, полученными при спиливании углов, что позволяло получать от 8 до 16 граней на коронке и 8, 12 или 16 граней на рундисте. Для полной бриллиантовой огранки (рис. 89) характерно наличие 32 граней на коронке, не считая таблички, и 24 граней на павильоне, не считая колеты. Преимущество этого вида огранки по сравнению со всеми прочими было столь очевидным, что после ее изобретения владельцы крупных камней, ограненных розой, отдавали переогранить их, несмотря на то что при этом немного уменьшался вес (рис. 90). Не считая второстепенных, хотя и не менее важных изменений в деталях, этот вид огранки с тех пор остается стандартным для алмазов, и слово «бриллиант» стали использовать для обозначения алмаза, ограненного таким образом.

Контур рундиста — ободка, разделяющего верхнюю и нижнюю части камня,— менялся в довольно широких пределах в процессе эволюции этого вида огранки. В некоторых ранних вариантах он был продолговатым или квадратным, со сглаженными углами, и обладал симметрией второго или четвертого порядка; в современных изделиях, в соответствии с идеальным расположением граней, характеризующимся симметрией восьмого порядка, рундист имеет округлую форму (рис. 91). Количество и порядок расположения

[1] *H. Tillander*, The Journal of Gemmology, 1965, vol. 9, p. 395.

граней, которые сохраняются во многом такими, какими они были на начальной стадии использования бриллиантовой огранки, приведены в нижеследующей таблице.

Коронка (верхняя часть, передняя часть или вершина камня)

Количество граней	Название	Форма грани	Другое название
1	Табличка	8-сторонняя, крупная	
8	Звезда	3-сторонняя, мелкая	
4	Фасетка, темплет	4-сторонняя, крупная	8-гранник
4	Клин, ромб	4-сторонняя, крупная	
8	Крест, скос	3-сторонняя, мелкая	16-гранный крест
8	Скилл	3-сторонняя, мелкая	

В наше время чаще применяется комбинация клиновидных граней с фасетками и скилловых с косыми гранями, что составляет

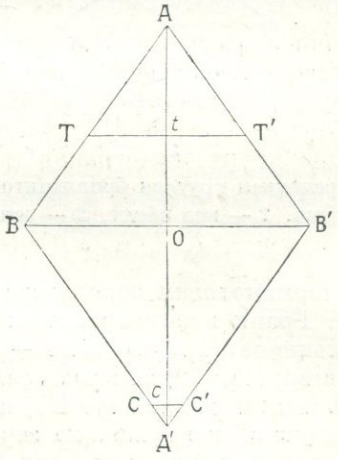


Рис. 90. Получение бриллиантовой огранки из октаэдра.

8 фасеток и 16 крестовых граней. Вероятно, звездные грани, окружающие табличку, а также крестовые и скилловые грани первоначально были названы так по своей форме и расположению; однако не исключено, что скилловые грани получили свое название из-за трудностей, которые испытывали гранильщики при точном нанесении их на камень (англ. skill — мастерство, искусство).

Павильон (нижняя сторона, задняя сторона или база камня)

Количество граней	Название	Форма грани	Другое название
1	Колета	8-сторонняя, мелкая	
4	Павильон	5-сторонняя, крупная	8-гранный павильон
4	Клин	5-сторонняя, крупная	
8	Крест	3-сторонняя, мелкая	16-гранный крест
8	Скилл	3-сторонняя, мелкая	

Для павильона наиболее характерны сочетания одинаковых граней: например, используют 8 павильонных и 16 крестовых граней. Маленькую колету (иногда ее не делают совсем) окружают большие грани павильона, а крестовые и скилловые грани переходят через рундист в такие же грани на коронке.



Рис. 91. Современная круглая бриллиантовая огранка:
1 — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

Несколько иная терминология использовалась при обработке алмазов в Брайтоне. Грани назывались так: наверху — табличка, звезды (8 треугольников), паруса (kites — восемь прямоугольных граней) и половинки (16 треугольных граней); внизу — колета, пятиугольники (8 пятисторонних граней) и половинки (16 треугольников). Следующую серию граней на верхней стороне камня образуют 4 фасетки, дополняющие ряд парусов; точно так же на нижней стороне камня павильоны, образующие ряд из 4 граней, завершают ряд пятиугольников.

Форма рундиста часто меняется в соответствии с формой огранки: рундист может быть ромбическим (алмазный, или ромбический) или менее симметричным, например в подвесках (панделоках), для которых размеры граней выбираются в соответствии с искаженной формой камня.

Увеличение количества граней значительно улучшило внешний вид крупных алмазов. В некоторых случаях колету окружают до-

полнительным рядом из 8 граней звезды. В крупнейшем из обработанных алмазов — «Звезде Африки», главном из камней, полученных из знаменитого «Куллинана», есть дополнительный ряд из восьми граней, так что общее количество граней возросло до 74. Таким способом можно обрабатывать не только крупные алмазы. В огранке типа хайлайт, разработанной в Иоганнесбурге в 1963 г., обычная бриллиантовая огранка изменена: на коронку и павильон наносят по 8 дополнительных граней, для того чтобы придать камню больше блеска и игры при малой потере веса. Некоторые более старые виды измененной бриллиантовой огранки будут описаны ниже.

Бриллиантовая огранка рождалась в многочисленных пробах и ошибках; опыт научил гранильщиков, что для достижения максимального оптического эффекта необходимо соблюдать в камне определенные пропорции. По старому правилу верхний угол правильного октаэдра следовало стачивать или отпиливать на величину, равную 5/18 диагонали октаэдра; нижний угол срезали на 1/18 диагонали. На рис. 90 $At=5/18\,AA''$, а $A'c=1/18\,AA'$; отсюда видно, что Ot, составляющее 2/9 от AA', равно половине Oc. Расстояние Oc равно 4/9 AA'. Тогда $TT'/CC'=Tt/Cc=At/A'c=5$, и, следовательно, ширина колеты составляет пятую часть ширины таблички.

В самых ранних бриллиантовых огранках, возникших непосредственно из природного октаэдра, главные грани павильона и коронки были наклонены к рундисту (так же как и грани древней формы огранки таблицей) под октаэдрическим углом 54°44′. Но вскоре гранильщики уменьшили угол до величины, близкой к 45°. Наклон этих граней определяет отношение размера таблички к размеру фасеток на коронке и размеру павильонов на нижней части камня, а также их зависимость от полной ширины рундиста и, следовательно, от формы камня. Оптимальные пропорции совершенного бриллианта математически обоснованы рядом исследователей. Толковски [1] установил, что если принять ширину рундиста за 100, то высота коронки над рундистом составит 16,2, колета будет расположена ниже рундиста на 43,1, общая высота камня составит 59,3, ширина таблички будет равна 53; соответствующие углы фасетов и павильонов относительно таблички и колеты равны 34°25′ и 40°46′. Эти расчеты подтвердили в большой степени те данные, которые были получены гранильщиками-практиками прошлого методом проб и ошибок. При огранке современных бриллиантов обычно используются почти такие же углы (рис. 91), хотя с целью сохранения веса камня возможны некоторые изменения; допустимые отклонения, слабо сказывающиеся на качестве камня, для углов коронки составляют 5—7°, для углов наклона граней павильона они значительно меньше.

[1] *Marcel Tolkowsky*, Diamond design, London and New York, 1919.

Рундист должен быть настолько тонким, насколько позволяет прочность камня, чтобы избежать его обламывания при заделке в оправу; если рундист оставить толстым, то в результате отражения от нижних граней будут видны грубые края, что может существенно повредить качеству камня, особенно при загрязнении краев.

Значительное изменение, связанное с уменьшением углов коронки и павильона, заключается в уменьшении роли колеты. При октаэдрических углах эта грань отражает обратно в камень большую часть света, входящего через коронку; колета может составлять 1/5 часть (или еще больше) от размеров таблички. С уменьшением углов роль колеты становится меньше, что, конечно, приводит к явному уменьшению блеска вследствие потери света [1]. В современных бриллиантах на самом деле это делается во избежание опасности откалывания вершины. Современная огранка с круглым рундистом, малыми углами и крошечной колетой настолько лучше по сравнению с огранкой старых камней с их почти квадратным рундистом и высокой коронкой, что владельцы камней считают, что потеря веса при уменьшении высоты бриллианта с лихвой окупается улучшением блеска и игры камня.

Соблюдение определенного порядка расположения граней необходимо для того, чтобы весь поток света, попадающего в камень в основном через табличку, полностью отражался от граней нижней части камня и излучался с небольшими потерями или без потерь через коронку, желательно через ее наклонные грани, так чтобы создавался наилучший цветовой эффект (игра). Если бриллиантовая огранка алмаза сделана правильно, то камень должен казаться совершенно темным, если его табличка обращена к источнику света; тогда сквозь колету будет уходить совсем немного света. В любых других драгоценных камнях и имитациях из стекла некоторое количество света будет преломляться и выходить через основание камня. Это свойство помогает отличить алмазы от подделок.

Для того чтобы свет не уходил через основание, он должен попадать на нижние грани под углами не менее 24°26′ (предельный угол полного отражения для алмаза), но этого недостаточно, поскольку возможно, что луч падает на нижние грани под такими углами. При отражении он должен возвратиться к коронке и подойти к грани выхода под углом меньше критического, так как в ином случае он не сможет выйти из камня. На рис. 92 схематически показаны пути лучей, по-разному входящих в табличку. Поток света, который падает на табличку и сквозь нее проникает в камень, не претерпевает дисперсии, и поэтому он совершенно бесцветный; однако, если лучи света падают на наклонные грани,

[1] *W. F. Eppler*, The Journal of Gemmology, 1967, vol. 10, p. 218—223.

световой луч расщепляется, возникает радужный эффект, так называемая игра, которой славятся драгоценные камни. Если нижние грани наклонены в табличке под углом 45° и, следовательно, расположены относительно друг друга под прямым углом, то падающие и отраженные лучи света будут параллельны. Изменение угла на несколько градусов приводит к отклонению отраженных лучей к боковым граням коронки, что усиливает игру. Можно представить себе камень не ограненный, а имеющий форму конуса, слегка усеченного сверху и почти полного внизу. При подобной обработке камня возникли бы значительные трудности, да и результат был бы не слишком эффектным, хотя, вероятно, более по-

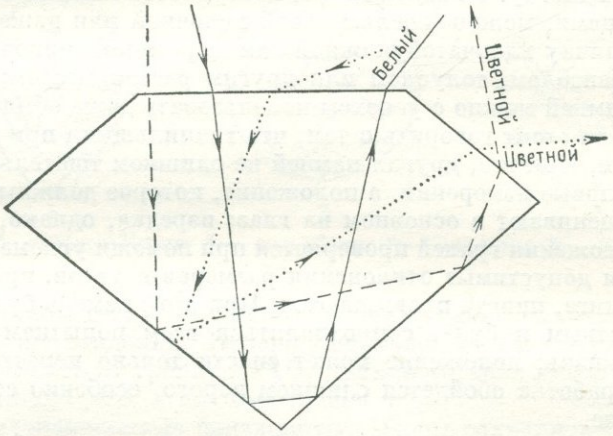


Рис. 92. Путь световых лучей в бриллианте.

стоянным. Но именно беспрестанно меняющиеся оттенки привлекают взгляд: сначала — бриллиантовое сверкание чистейшего белого цвета и тотчас же лазурно-голубой блеск, переходящий из воскового в изысканный оранжевый, затухающий в малиновом мерцании; все это с различным блеском испускает поверхность камня.

Следует отметить, что относительные размеры, приведенные выше, необходимы для полного проявления игры, но это не значит, что они используются всегда. В настоящее время эти соотношения, как правило, существенно иные, что способствует сохранению большего объема камня при данном весе. Коронка редко превышает $^1/_3$ общей глубины камня, а часто бывает еще меньше, до $^1/_6$; в то же время табличка стала значительно больше, размеры ее составляют около $^3/_4$ полного сечения, а боковые грани делают меньше, и наклонены они к табличке под меньшими углами. В результате камень приобретает более плоский вид и испускает много «огня», проявляя хорошую игру.

Любой драгоценный камень должен быть абсолютно чистым, но особенно это важно для алмаза бриллиантовой огранки. Если задняя поверхность камня покрыта жиром и грязью, как часто бывает в кольцах с зубчатым закреплением камней, свет перестает полностью отражаться от базы, большая его часть выходит из камня; это серьезно влияет на блеск и игру камня. По этой причине кольца с камнями всегда следует снимать при мытье рук, так как при каждом мытье мыльная пленка на задней поверхности камня становится толще и камень делается все более безжизненным, тусклым; необходимо бережно относиться к кольцам, которые носишь на руках. Просто удивительно, как чутко реагируют кольца на чистку. Очищать задние поверхности камней, закрепленных зубцами, можно апельсиновой палочкой или даже намотанной на спичку хлопчатобумажной или шерстяной тряпочкой, смоченной бензолом, толуолом или другим растворителем; для очищения камней можно с успехом использовать даже обычную воду.

Едва ли стоит говорить о том, что гранильщики при обработке алмазов и, конечно, других камней не слишком тщательно выполняют угловые измерения, а положение, которое должны занимать грани, оценивают в основном на глаз; изредка, однако, правильность положения граней проверяется при помощи угломера. В связи с этим допустимые отклонения размеров и углов, приведенные в этой книге, иногда превышаются. При этом камень будет выглядеть мертвым и будет сопротивляться всем попыткам вдохнуть в него жизнь; положение может спасти только переогранка, но тогда обработка обойдется слишком дорого, особенно если камни маленькие.

В идеале камень бриллиантовой огранки должен обладать следующими качествами: высокой дисперсией света (игрой), значительным преломлением; в нем не должно быть внутренней окраски. Единственным драгоценным камнем, который в общем может соперничать с алмазом по этим качествам, является циркон. Хотя неокрашенный циркон встречается в природе крайне редко, цвет некоторых желтоватых цирконов без труда можно устранить воздействием высокой температуры, и этот процесс необратим. «Играющий» циркон, ограненный бриллиантом, конечно, нелегко распознать на глаз, поскольку он сверкает и обладает игрой (дисперсией света). Тем не менее циркон легко можно отличить от алмаза благодаря его двупреломлению и более низкой преломляющей способности, в результате чего значительная доля света выходит через заднюю поверхность камня; кроме того, из-за меньшей твердости через несколько лет ребра циркона будут казаться изношенными, на открытых гранях появятся царапины. Остальные бесцветные драгоценные камни, такие, как белый сапфир (корунд), топаз, горный хрусталь (кварц), в сравнении с бриллиантом кажутся лишенными игры, поскольку обладают низким преломлением.

Особый интерес представляют те разновидности синтетических камней, которые могут служить заменителями алмазов. Весьма широко используется синтетическая бесцветная шпинель, но ее более низкий показатель преломления легко устанавливается погружением в иодистый метилен. Для синтетического рутила всегда характерен легкий желтоватый оттенок. Титанат стронция (диагем) изотропен, но его дисперсия даже превышает дисперсию алмаза. Ребра такого граненого камня обычно быстро изнашиваются из-за его мягкости. В синтетическом бесцветном сапфире часто видны пузырьки включений; это может наблюдаться и в стеклянных ими-

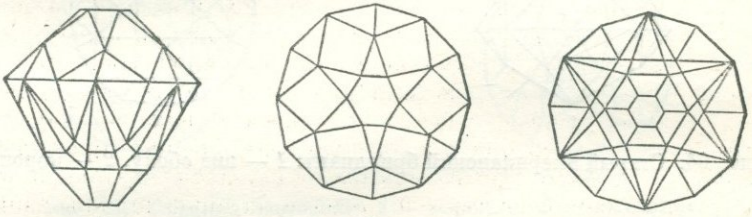


Рис. 93. «Звезда Кэра»: *1* — вид сбоку, *2* — коронка, *3* — основание.

тациях, также очень мягких и имеющих сравнительно низкий показатель преломления. Недавно полученный синтетический иттрий-алюминиевый гранат (YAG, диамонэр) обладает дисперсией, равной лишь 0,028, и поэтому лишен игры.

4. Видоизмененные бриллианты. Чтобы сохранить вес камня, не нарушая при этом оптического эффекта, была предложена огранка, представляющая собой видоизмененную форму бриллиантовой огранки; она получила название «звезда Кэра» (рис. 93). Размеры таблички значительно уменьшены и составляют лишь четверть поперечного размера камня; в то же время увеличена колета: она может быть почти такой же, как табличка. Отношение высот коронки и базы сохраняется близким к 1/2. Симметрия этого вида огранки, как показано на приведенных здесь рисунках, гексагональная (шестого порядка), а не октагональная (восьмого порядка). Коронка состоит из таблички, 6 звездных фасеток, 6 темплетов (клиновидных граней) и 12 крестовых граней — всего 25 граней. В нижней части сохранены крестовые грани, а павильоны заменены сложной системой граней, содержащей колету, 6 ромбов и еще один ряд из 6 ромбов, а в промежутках между ними 6 мелких клиновидных граней и расходящийся от них до рундиста тройной ряд из 18 скиллов и 12 крестовых граней; всего низ камня содержит 49 граней, и, таким образом, всего на камень наносят 74 грани (рис. 94).

Видоизмененная бриллиантовая огранка была изобретена в Америке (так называемая старая американская огранка) и при-

обрела большую популярность, поскольку ограненный алмаз казался необычайно привлекательным благодаря вспышкам света, отражающегося от его граней, и вид его менялся при каждом движении человека, носящего камень. Ширина таблички была уменьшена до $^1/_3$ ширины камня вместо половины, отношение высот коронки и павильона стало равным 2/3 вместо 1/2. Это позволило ввести дополнительный ряд из 8 фасеток, что привело к увеличе-



Рис. 94. Старый американский бриллиант: *1* — вид сбоку, *2* — коронка.

нию числа граней на коронке до 41. Как и при использовании огранки Кэра, потеря веса была сравнительно небольшой.

В начале нынешнего столетия в Америке была изобретена еще более измененная форма бриллиантовой огранки. Эта огранка получила название «юбилейная» (рис. 95) в ознаменование 60-й годовщины вступления на престол королевы Виктории. Здесь совершенно исчезли табличка и колета, вместо каждой из них появилось по 8 расходящихся из одной точки звездных граней. На ко-

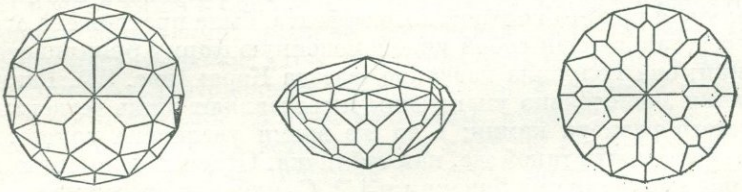


Рис. 95. Огранка «юбилейная»: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

ронке каждый темплет был заменен парой треугольных (скилловых) граней, а между парой крестовых и парой звездных граней расположены добавочные клиновидные грани. В нижней части камня между павильонами располагается ряд клиньев. Отношение высот коронки и основания составляет 2/3.

Коронка при огранке типа юбилейной содержит 8 звездных граней, 8 клиньев, 16 скилловых и 16 крестовых граней — всего 48 граней; основание содержит 16 крестовых, 8 звездных граней,

8 павильонов, 8 ромбов — всего 40 граней. Таким образом, общее количество граней равно 88.

Красота этой измененной формы огранки создается множеством мелких граней, дающих при любом движении камня вспышки света, а не цветовыми эффектами, роль которых невелика из-за сравнительно небольшой глубины основания камня.

Для окрашенных камней была предложена сложная звездная бриллиантовая огранка (рис. 96) с многочисленными мелкими гранями на коронке и павильоне.



Рис. 96. Огранка «звездой»: *1* — коронка, *2* — основание.

Кроме того, использовались и иные формы огранки с меньшим количеством граней. Так, в «английском» бриллианте (рис. 97), нет фасеток и половины крестовых граней; на коронке, кроме таблички сохранены 8 звездных и 8 крестовых граней — всего 17 граней. На нижней стороне камня располагается 8 таких же крестовых граней, но только 4 павильона — всего, вместе с колетой, 13 граней. В целом при такой огранке на камень наносится только 30 граней вместо обычных 58.

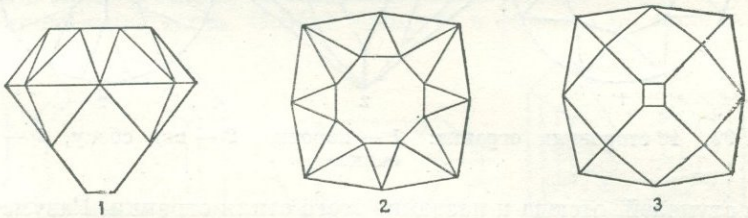


Рис. 97. Английский бриллиант: *1* — вид сбоку, *2* — коронка, *3* — основание.

Существует еще и простая 8-сторонняя форма огранки — огранка «восьмеркой» (рис. 98). Восьмерка содержит, кроме таблички и колеты, 8 фасеток и 8 павильонов; несколько сложнее 16-сторонняя швейцарская огранка (рис. 99), имеющая еще по 8 дополнительных крестовых граней, расположенных выше и ниже рундиста.

Наиболее характерными формами огранки несимметричных камней являются маркиза[1], или челнок (рис. 100), а также панделок, или каплевидная форма огранки (рис. 101). Расположение граней у этих форм обычное, но все грани искажены.

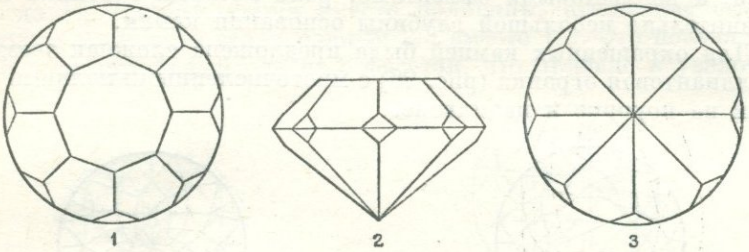


Рис. 98. 8-сторонняя огранка: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

5. Огранка «лесенкой» (ступенчатая). Популярный вид огранки, который часто применяется для цветных камней,— это ступенчатая огранка, или огранка «лесенкой» (рис. 102). Эта форма огранки состоит, как правило, из таблички и нескольких рядов граней, расположенных таким образом, что сторона каждой грани параллельна стороне таблички. В целом картина напоминает

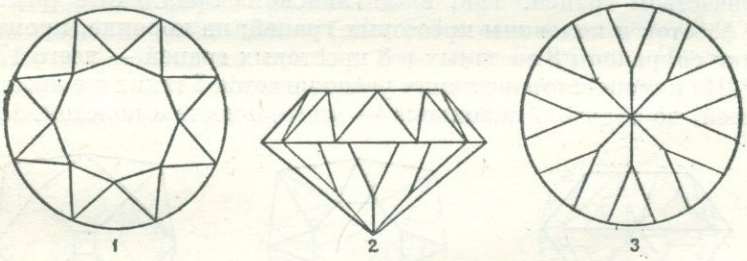


Рис. 99. 16-сторонняя огранка: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

ряд ступеней, отсюда и название этого стиля огранки. Разумеется, контур можно менять по желанию; обычно его делают продолговатым или квадратным, но иногда ему придают форму ромба, сердечка или еще менее правильную форму. Табличку нередко делают слегка закругленной. Существует множество специальных названий для различных видов ступенчатой огранки, используемых для более мелких камней: например, «батон» и «багетка» — уменьшительное от французского слова bague (кольцо).

[1] Маркиза — форма огранки, которая в течение долгого времени использовалась во Франции в перстнях с множеством драгоценных камней, заостренных с обоих концов. Такой перстень закрывал почти всю фалангу пальца.

Поскольку этот вид огранки применяется главным образом для того, чтобы подчеркнуть внутреннюю окраску камня, а не для того, чтобы вызвать бриллиантовую игру света, в этом случае не добиваются полного отражения от нижних граней, и значительная часть света, входящего в камень, уходит через основание. При ог-

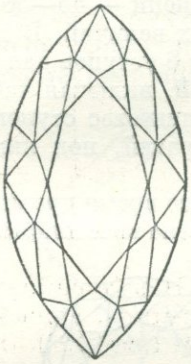


Рис. 100. «Маркиза», или «челнок» (наветта).

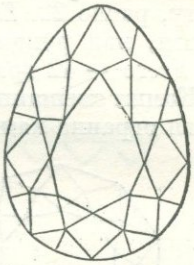


Рис. 101. «Пандолок», или каплевидная огранка.

ранке камня высоту его выбирают в зависимости от интенсивности окраски. Если камень имеет более темный оттенок, то его делают мельче, чтобы поток света не поглощался в нем полностью и камень не выглядел бы темным или непрозрачным; и наоборот, если камень более светлый, то его делают выше, чтобы обеспечить полное проявление цвета. Особой точности в форме и порядке распо-

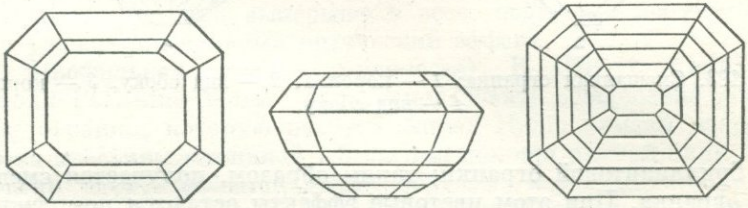


Рис. 102. Ступенчатая огранка: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — основание.

ложения граней не требуется, и если желаемый эффект можно получить, то камни гранятся обычно таким способом, чтобы сохранить вес по возможности большим и, следовательно, реализовать камень по максимальной цене.

В настоящее время для бриллиантов высшего качества стали использовать так называемую изумрудную огранку; однако для

этого должны быть соблюдены пропорции, приведенные выше для бриллиантовой огранки. В этом виде огранки серии ступеней — верхнюю, нижнюю и среднюю — располагают над рундистом с наклоном относительно таблички около 36°, 43° и 50° соответственно; под рундистом делают две серии ступеней, в этом случае наклон верхней ступени составляет 40°, нижней ступени — 45—50°, хотя допускаются и некоторые отклонения от этих величин. В продолговатых и квадратных камнях обычно делают 8 уступов над рундистом и 12 под ним; общее количество граней, включая табличку и колету, равно 22. Если углы скошены, количество ступеней удваивается, над рундистом получается 16 граней, под ним — 24 грани, всего — 42 грани.

6. Камни смешанной огранки. В настоящее время древняя ступенчатая огранка камней существенно улучшена внесением элемен-

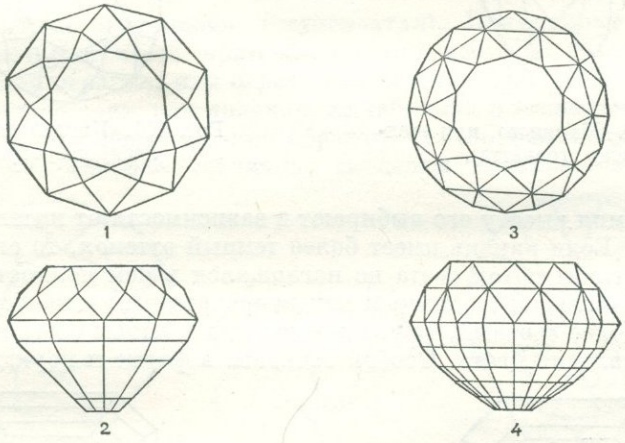


Рис. 103. Смешанная огранка: *1* — коронка, *2* — вид сбоку, *3* — коронка, *4* — вид сбоку.

тов бриллиантовой огранки; таким образом, получается смешанная огранка. При этом цветовые эффекты остаются по-прежнему слабыми, но внешний вид камня улучшается из-за усиления блеска. Коронка делается в основном такой же формы, как и в бриллиантовой огранке, только табличка несколько шире и выше; отношение к диаметру и к высоте составляет около 60 и 37% вместо 50 и $33^1/_3$%, а павильон, хотя и ограненный ступенчатой огранкой, имеет почти такие же соотношения, как и у бриллианта. Количество граней может меняться в зависимости от вкусов и запросов, но грани коронки всегда соответствуют граням базы, так что число граней, образующих рундист, одно и то же вверху и внизу (рис. 103).

Один из привлекательных вариантов этой формы огранки — так называемая французская огранка, при которой и рундист, и табличка имеют квадратную форму, но угол между двумя этими квадратами равен половине прямого угла, т. е. 45°. Коронка обычно соответствует бриллиантовой огранке, а павильон может быть как бриллиантовой, так и ступенчатой огранки.

При обсуждении вопроса о том, каков будет оптический эффект для данной формы огранки, необходимо обращать внимание на эффективный цвет проходящего света. Например, хотя рубин и

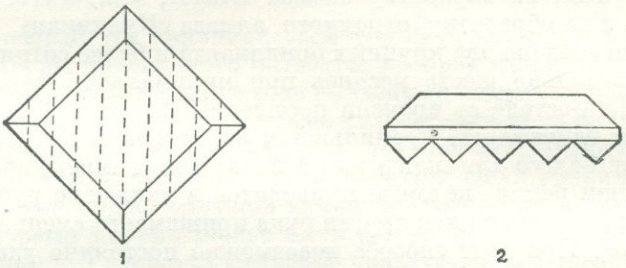


Рис. 104. Профильная огранка квадратного камня: *1* — вид сверху, *2* — вид сбоку.

сапфир являются разновидностями одного и того же минерала и имеют поэтому одинаковые показатели преломления, поскольку первый излучает голубой, а второй — красный цвет, они будут проявлять различные оптические свойства, что необходимо учитывать при обработке. Гранильщики установили опытным путем, что у рубинов павильон можно делать значительно толще, чем у сапфиров; это, при выигрыше в весе, позволяет получить не менее удовлетворительный оптический эффект.

7. Профильная огранка (принцесса). В 1961 г. компания Diamond Polishing Works стала использовать совершенно новую форму огранки, которую изобрел Арпад Надь: алмазы разрезаются на пластины толщиной 1,5 мм при помощи рамной пилы. Эти пластины обрабатываются таким образом: верхняя сторона их просто полируется, а нижняя покрывается бороздками с интервалом 0,9 мм между ними (рис. 104). Края таких пластинок скошены, в профиль они обнаруживают различный специфический вид. Точность форм позволяет ювелиру-оправщику создавать интересные, красивые украшения. Эта форма огранки первоначально называлась «принцесса»; в наше время она называется профильной огранкой.

б. Оборудование

Для придания драгоценным камням определенной формы используются очень простые в своей основе приспособления, в принципе ненамного отличающиеся от тех, которые первоначально применялись при огранке алмазов. За это время оборудование было улучшено лишь в деталях, и вместо ручного труда стали использовать механическую энергию; вследствие этого труд по обработке алмазов стал намного легче, и вся работа занимает теперь меньше времени. Так, на обработку алмаза «Питт», или «Регент», ушло два года, а на обработку огромного алмаза «Куллинан», из которого было сделано два крупных бриллианта и более сотни мелких, затрачено только шесть месяцев при минимальной потере материала. На Востоке со времени посещения Индии Тавернье почти ничего не изменилось. Гранильщики все так же используют вертикальное колесо для шлифовки и полировки камней, вращая его при помощи ремня, который приводится в движение рукой через шпиндель, в то время как другая рука прижимает камень к плоскости колеса. При этом способе невозможно постоянно удерживать камень в одном и том же положении в процессе обработки, вот почему камни, обработанные там, где были найдены, очень редко имеют по-настоящему плоские грани. Очевидно четкое различие между алмазами и другими драгоценными и поделочными камнями: алмаз намного превосходит остальные камни по степени твердости, и его можно обработать, только используя алмазный порошок. Технология обработки алмазов настолько отличается от технологии обработки других драгоценных камней, что лишь некоторые фирмы берут на себя ответственность выполнять оба вида работ.

1. Алмазы

Правильный октаэдр — форма, до которой можно уменьшить ни на что не похожий кусок алмаза, отколов от него все лишнее,— это изначальная форма; из нее и развился бриллиантовый стиль огранки. Гранильщик должен мысленно представлять себе октаэдр, выбирая наиболее подходящую форму огранки для доверенного ему камня.

1. Скалывание. Начальным и очень важным шагом является принятие решения о том, достаточно ли хорошо подходит данный камень для огранки желаемой формы, а если нет, то как лучше и выгоднее расколоть его. Необходимо помнить, что через любую точку кристалла алмаза можно провести четыре различных направления скола по спайности, поэтому для камня было бы гибельным раскалывание по неверным направлениям, а также развитие в нем трещин. Алмаз тщательно исследуют, чтобы установить направ-

ление возможного скола по спайности, или, что то же самое, чтобы определить положение заключенного в нем правильного октаэдра. Даже если грани кристалла не развиты, опытный глаз сумеет различить эти направления по характеру поверхности, которая образовалась при пересечении поверхности кристалла с плоскостями спайности, составляющими с ней самый малый угол.

Когда положение плоскости спайности точно определено, алмаз укрепляют в зажиме и меньшим, также закрепленным алмазом, наносят метку в нужном направлении. В этом положении камня устанавливают острие и резко ударяют; при этом камень раскалывается.

При разработке бриллиантовой формы огранки алмаза исходили из фигуры правильного октаэдра, которая может быть получена при раскалывании, даже если найденный камень не обладает ею, однако отсюда никоим образом не следует, что коль скоро алмазу можно придать форму октаэдра, то этот способ практикуется ювелирами как начальная стадия обработки. Цель гранильщика — получить как можно больший камень из доверенного ему материала, и готовый камень может быть совсем не похож на октаэдр. В основном это свойство алмаза используется для того, чтобы освободить исходное зерно от уродливых и бесполезных наростов или трещин. Несмотря на то что октаэдр — это одна из наиболее характерных кристаллических форм алмаза, октаэдры правильной формы встречаются редко; исключением являются мелкие алмазы. Чаще всего наиболее подходящая грань октаэдра служит табличкой изготовленного бриллианта. Исходный кристалл часто ориентируют по положению некоторой особой точки, учитывая положение грани относительно правильного октаэдра. Этот кристалл называют четырехточечным, если табличка параллельна грани куба, т. е. срезается угол октаэдра и в сечении образуется квадрат, трехточечным, если табличка параллельна грани октаэдра, и двухточечным, если табличка параллельна грани ромбододекаэдра и, следовательно, ребру октаэдра и одинаково наклонена к обеим граням, сходящимся в этом ребре. Так как твердость алмаза в пределах кристалла существенно меняется в различных кристаллографических направлениях, очень важно, чтобы гранильщик определил ориентировку сырого алмаза до начала работы над ним.

2. Распиловка. Лишь в наше время стала возможной распиловка алмазов. Когда был открыт способ шлифовки и полировки алмазов, полагали, что таким же образом можно распиливать кристаллы, но в то время не было подходящего для этой цели оборудования.

Сложность распиловки алмазов состоит в том, что алмаз является самым твердым веществом и поэтому его можно обрабатывать только алмазным порошком. Твердость кристалла алмаза изменяется с изменением направления; практически невозможно распилить

кристалл по плоскости, параллельной грани октаэдра. Наиболее легко распилить правильный октаэдр на две половинки вдоль квадратного сечения, расположенного между двумя противоположными углами. Каждая такая половинка имеет форму, подходящую для огранки бриллиантом.

Алмазная пила состоит из фосфорно-бронзового диска диаметром около 7,5 см. Диск вращается мотором со скоростью около 5000—6000 об/мин вокруг горизонтальной оси. Для того чтобы уменьшить потерю материала, диск делают как можно тоньше. Толщина диска составляет около 0,02—0,03 мм. Край диска делают толще, от 0,06 до 0,07 мм. Такое резкое разделение частей диска по толщине делается для того, чтобы при распиловке предотвратить захват диска обрабатываемым камнем и разрушение диска. Чтобы диск не гнулся, его закрепляют, используя толстые шайбы такого диаметра, что находящийся сверху кольцеобразный ободок немного шире, чем та часть камня, которую надо спилить. Камень укрепляется с обратной стороны в зажиме изогнутой формы, так что пила может работать внутри его. Алмазный порошок, смешанный с оливковым маслом, наносят на край диска при помощи стального прутика. Зажим придерживают рукой над пилой, так что при работе на камень действует сила тяжести; чтобы избежать перегрузки, работу приостанавливают. Начав этот процесс, его нетрудно продолжать, он не требует много внимания. Для присмотра за группой распиловочных агрегатов достаточно одного механика (фото 7).

3. Шлифовка. Этот старый метод, которым пользуются до сих пор для грубой обработки алмазов, известен также под названием «брутинг», или «правка». Подбираются два камня одинакового размера; каждый камень при помощи прочного цемента жестко закрепляется в углублении на конце двух деревянных держателей таким образом, чтобы части, подлежащие обработке, оказались снаружи. В каждую руку берут по такому держателю с камнем и начинают с усилием тереть камни друг о друга до тех пор, пока на каждом из них не образуются поверхности нужного размера. При этом камни располагают над ящиком, приспособленным для улавливания драгоценного порошка, который используют при распиловке или полировке. Через мелкое сито, установленное на дне ящика, алмазный порошок просеивают в лоток или выдвижной ящик, расположенный внизу; более крупные частицы остаются на сите. Два прочных вертикальных стержня, установленных на одной из сторон ящика, способствуют тому, чтобы держатели оставались в требуемом положении, а также создают необходимое давление. Основное усилие приходится на большие пальцы рук, и не прекращающаяся изо дня в день работа очень портит руки, несмотря на защитные перчатки, используемые рабочими для предохранения кожи рук; кожа на больших пальцах грубеет, роговеет,

а указательный и средний пальцы расплющиваются и искривляются.

Труд по шлифовке алмазов намного облегчила техника. Оборудование представляет собой горизонтальный вал, на головке которого имеется кулачковое устройство. Камень закрепляют прочным цементом в ямке на головке «допа»[1], или зажима; размеры ямки 3—4 см в высоту и около 2 см в диаметре, головка допа укрепляется на регулируемой головке горизонтального вала. Если необходимо получить бриллиант с круглым рундистом, камень тщательно центрируют; если же задумана огранка маркиза, рундист которой очерчен как бы двумя пересекающимися дугами окружностей, то камень укрепляют на некотором расстоянии от центра. Другой камень закрепляется сбоку в допе, на головке стального стержня длиной около 50 см. Мастер держит стержень под рукой и оставляет его возле допа напротив прочной вертикальной шпильки, закрепленной на верстаке; при этом он может добиться того, чтобы между двумя алмазами поддерживалось большое давление. Вал станка дает 100 об/мин. В процессе работы необходимо соблюдать осторожность, чтобы не допустить чрезмерного нагревания, и не только потому, что шеллак в допах может растаять, но также потому, что может произойти отслоение кусочков камня с последующей утратой материала.

4. Полировка. Дальнейшее совершенствование граней алмаза и их полировка осуществляются при помощи горизонтального полировального круга, изготовленного из ковкого железа, которое обладает повышенной по сравнению с другими любыми металлами способностью удерживать алмазный порошок, используемый при этом процессе. Диаметр круга равен 29 см, толщина — 1,25 см; круг вращается с большой скоростью — 2000—2400 об/мин. В результате операции круг портится, его поверхность быстро истирается под действием обрабатываемых алмазов. Для того чтобы продлить срок службы круга, алмазы при полировке располагают не беспорядочно, а в виде колец с возрастающим диаметром; по мере истирания одного кольца переходят к следующему; начинают процесс с внутреннего кольца, радиус которого равен примерно 5 см.

Высокие температуры, развивающиеся при трении между алмазом и горизонтальным кругом при больших скоростях вращения, значительно возрастают из-за твердого цемента, при помощи которого камень закрепляется в допе; в связи с этим вместо цемента стали применять припой — плавкий сплав, состоящий из одной части олова и трех частей свинца. Затем, как будет описано

[1] Это старое голландское слово, обозначающее оболочку латунной чашки, в которой первоначально закреплялись алмазы в процессе полировки при помощи припоя.

ниже, предложили использовать механический держатель со стальными зубцами, обладающий рядом преимуществ.

Внешний диаметр допа, содержащего припой, как правило, равен 4 см, допы больших размеров используют для более крупных камней. К дну допа прикреплен толстый медный черенок, на чертеже он показан справа от допа (фото 8, *d*, внизу); перед ним изображены два куска припоя *e*. Доп с припоем помещают в нераскаленное пламя газовой горелки и нагревают до тех пор, пока припой не начнет размягчаться; затем доп берут маленькими щипцами *c* и помещают прямо на подставку *a*. Длинными щипцами *d* припою придается коническая форма, в вершину конуса помещается алмаз. Камень прочно схватывается припоем так, что снаружи остается только та его часть, которую надо полировать. Алмаз изображен укрепленным в допе *f*. Верх подставки имеет чашеобразную форму, для того чтобы задержать камень, если он случайно выпадет из допа, а также для того, чтобы кусочки припоя не попадали на руки. При сильном разогревании доп с находящимся в припое камнем помещают в воду, чтобы остудить. То, что алмаз выдерживает столь резко различающиеся условия, свидетельствует о его высокой теплопроводности; другие камни разлетелись бы на куски. Хотя алмаз состоит из углерода, температура образования последнего столь высока, что можно не опасаться нежелательных результатов в связи с помещением алмаза в пламя горелки. Теперь до допа можно дотронуться; черенок допа помещают в желобок, находящийся на расщепленной стороне винта, образованного муфтой, которая изображена на рисунке.

С одним полировальным кругом можно использовать четыре плеча с допами. Каждый устанавливается двумя квадратными ножками на подставке, а третья точка опоры—алмаз на круге. Штифты, или шпильки (фото 9, *p*), закрепленные попарно на подставке, создавая трение, препятствуют раскручиванию плеч: одна, расположенная ближе к кругу, удерживает плечо вблизи допа, а другая зацепляет острый металлический шип на другом конце плеча. Хотя железное плечо тяжелое, одного его веса при полировке недостаточно, поэтому часто сверху плеча помещают дополнительные свинцовые грузики (см. плечо, вид сзади, фото 9). Медный черенок допа прочный и достаточно гибкий, его можно изогнуть таким образом, чтобы установить алмаз в положение, необходимое для полировки определенной грани; когда допы (зажимы) *a* и *б* расположены вертикально, два других наклонены. Полирующим материалом служит алмазный порошок, образующийся при шлифовке, и измельченные борты — алмазы, непригодные для огранки; алмазный порошок удерживается при помощи небольшого количества оливкового масла, которое служит смазкой. Время от времени, соблюдая меры предосторожности, допы по-

гружают в воду и остужают, поскольку тепло, возникающее при трении, столь велико, что припой начинает плавиться. Положение камня постоянно меняется. Даже для крошечных треугольных граней возле рундиста положение камня меняют не менее шести раз, что достигается изменением наклона допа. По мере того как работа близится к концу, алмаз часто проверяют, чтобы при полировке камень не утратил игры. По окончании работы камень кипятят в серной кислоте, чтобы удалить следы масла и грязи.

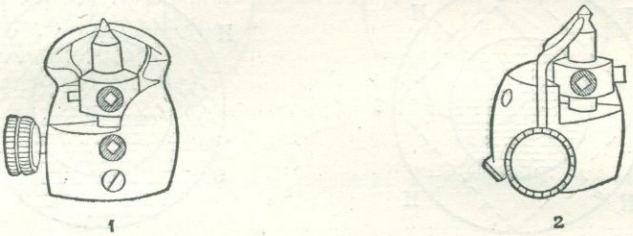


Рис. 105. Механический доп: *1* — вид под прямым углом к прижимному винту, *2* — вид вдоль прижимного винта.

Задача полировальщиков намного упростилась с изобретением механического допа со стальными зубьями, крепко держащими камень (рис. 105). Такая форма допа, кроме легкости манипуляций, обладает еще одним преимуществом: зажимы допа никогда не ослабевают, какая бы высокая температура ни возникала при трении алмаза о полировальный круг, а чем горячей становится камень, тем легче его полировать. Медный черенок можно прикрепить к допу с другой стороны; он связан с плечом таким же образом, как в старой модели допа. Даже с использованием такого допа работа не становится простой и легкой, а лучшим подтверждением искусства гранильщиков является то, что несовершенство симметрии хорошо ограненного камня невозможно заметить невооруженным глазом, хотя бы и при самом тщательном осмотре. Когда резчик получает сырую массу, прежде всего он должен определить ее вершину и, следовательно, ориентировку зерна. Если камень был распилен, то он, как правило, будет четырехточечным, причем следы пилы будут параллельны одной из диагоналей квадрата, образованного зерном (рис. 106); если следов пилы нет, четырехточечную массу можно узнать по грубой или легкой штриховке площадок, расположенных выше и ниже рундиста у противолежащих углов *H* правильного воображаемого восьмиугольника. Трехточечная масса обычно имеет зерно в виде равностороннего треугольника на поверхности таблички (рис. 107); в том случае, если табличка образовалась при скалывании, следов зерна на ней нет, но можно распознать такое происхождение поверхности; кроме того, грубо или слегка штрихо-

ванные площадки возле рундиста будут расположены в углах *Н* воображаемого равностороннего треугольника. Для двухточечной массы характерно одно направление зерна — поперек таблички; оно может проявляться в виде четкой борозды; в этом случае соответствующие грубо или слабо штрихованные площадки окажутся в противоположных углах воображаемого квадрата

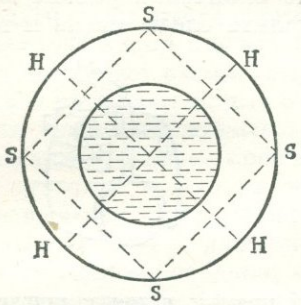


Рис. 106. 4-вершинный алмаз.

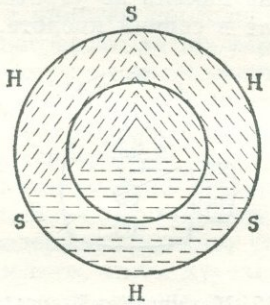


Рис. 107. 3-вершинный алмаз.

(рис. 108); если камень был распилен, характерно направление зерна на поверхности таблички поперек следов пилы. Вся полировка производится поперек зернистости.

Определив тип алмаза, мастер приступает к нанесению граней, начиная предпочтительно с тупых углов *S*. Сначала наносят

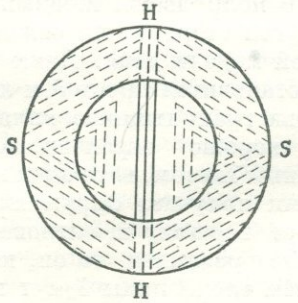


Рис. 108. 2-вершинный алмаз.

четыре темплета вверху и четыре соответствующих павильона внизу, при этом образуются кресты (рис. 109). Затем поверх креста, выше и ниже наносят парный ряд темплетов и павильонов. На коронке грани комплектуют в ряды по три: звездная и пара скилловых граней, расположенных очень близко, аналогично на нижней части камня каждая пара смежных скилловых граней

обрабатывается совместно. Один темплет и один павильон оставляют неполированными, чтобы у мастера, завершающего полировку, была возможность установить направление зерна. Мастер

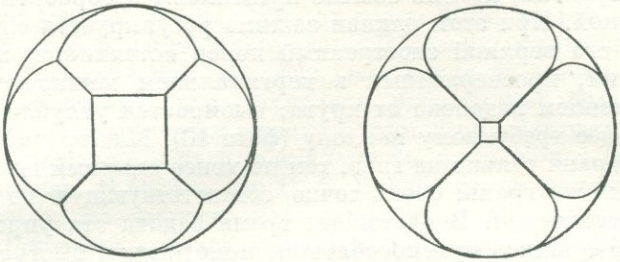


Рис. 109. Крест, первая стадия шлифовки: *1* — коронка, *2* — основание.

придает камню последние штрихи. Если необходимо что-нибудь исправить, шлифовка делается только вручную, а не на станке.

2. Прочие камни

Из-за более низкой твердости всех прочих драгоценных камней по сравнению с алмазом их огранка и полировка осуществляются намного проще и быстрее. При применении алмазного порошка не возникает трудностей даже при обработке самых твердых драгоценных разновидностей корунда (рубина и сапфира) в любом желаемом направлении. Точно так же, как и при распиловке алмаза, используется вертикальный диск. Он может быть сделан из бронзы или ковкого железа. Диаметр круга колеблется в пределах 10—15 см, а толщина составляет лишь 0,5 мм (круг делается таким тонким, чтобы свести к минимуму потерю веса). Скорость вращения может изменяться от 1000 до 4000 об/мин в зависимости от твердости распиливаемого камня: чем тверже камень, тем выше скорость. При распиловке используют алмазный порошок, а в качестве смазки — оливковое масло или парафин. Так как обработка камня занимает сравнительно мало времени, камень обычно держат в руках напротив режущего диска (фото 10). В настоящее время применяют и механические зажимы.

Когда камень распилен, как требуется, он прочно укрепляется в зажиме подходящей формы при помощи цемента, который выбирают в соответствии с твердостью камня. Камень устанавливают в зажиме таким образом, чтобы поверхность, выбранная для нанесения таблички, располагалась снаружи под прямым углом к оси зажима. Промежуточных операций, соответствующих, например, шлифовке при обработке алмазов, здесь не бывает, и все грани

на верху камня закладывают и полируют, не убирая его из цемента; так же обрабатывается нижняя часть.

Так как для шлифовки или полировки требуется сравнительно немного времени, камень обычно прижимают к обрабатывающему кругу рукой. При этом наклон зажима регулируется следующим образом: его верхний заостренный конец вставляется в одно из углублений, просверленных в вертикальном шпинделе, удобно расположенном недалеко от круга; выбирается углубление, соответствующее требуемому наклону (фото 10). Мастер намечает положение грани только на глаз, тем не менее опытный гранильщик может нанести грань, очень точно соответствующую по положению теоретической. В настоящее время задача эта упростилась, так как появились приспособления, помогающие быстро и точно нанести грани вчерне и отполировать их (фото 11). Камень укрепляют с тупого конца *d* зажима *b*, а острый конец помещают в соответствующую ямку в куске дерева *a*, с помощью которого осуществляется регулировка зажима в нужном положении. Стороны восьмигранного подшипника *c* последовательно прижимают к рычагу *e* и таким образом наносят одинаковые грани. Механическую обработку применяют не слишком часто, в основном для недорогих камней, поскольку большая точность ведет к значительным отходам материала. Не надо забывать, что камни продают на вес; чтобы камень выглядел удовлетворительно, не обязательно добиваться абсолютной симметрии его формы.

Для шлифовки твердых камней обычно используют карборунд[1], а также алмазный порошок; для мягких камней предпочитают наждак[2]. Для уничтожения царапин, оставленных абразивными материалами, и для доводки граней используются материалы, обладающие меньшей твердостью, такие, например, как водные суспензии трепела или гнилой камень, замазка (окись олова), пемза или гематит; смазочным материалом служит вода.

Шлифовальные круги делают из меди, бронзы или свинца; для полировки применяют круги из сплава олова со свинцом или деревянные, причем последние иногда обтягивают тканью или кожей. Диаметр круга равен обычно 18—24 см, а толщина 19 мм. Скорость около 1000 об/мин, но может меняться в зависимости от твердости камня по общему правилу: чем больше твердость, тем выше скорость.

Если бы можно было дать такое большое увеличение, чтобы увидеть слои атомов, образующих грубо отполированную поверхность, то мы могли бы обнаружить, что они находятся на раз-

[1] Карбид кремния SiC имеет почти такую же твердость, как и алмаз, но для пилы его не используют, так как он не врезается в камень, а сразу же истирается.

[2] Корунд с примесями различной зернистости; примеси — гематит и прочие — характеризуются слабым абразивным эффектом.

ных очень далеких уровнях. Процесс полировки направлен на то, чтобы убрать выступающие слои; хорошая полировка достигается в том случае, когда разница в уровнях будет сравнима с размерами атомов, а отражение от грани будет весьма совершенным. Вопрос о природе полированной поверхности стал предметом широкого изучения, но здесь еще далеко не все ясно. Первоначально считалось, что полировка равносильна более тонкой шлифовке и что при этом шероховатость необработанной поверхности уменьшается путем постепенного применения более тонких абразивов. В 1921 г. сэр Г. Т. Бейлби предположил, что при полировке на поверхность налипает тонкий слой аморфного материала (впоследствии его стали называть слоем Бейлби). В ходе изучения явления трения Боуден и его коллеги показали, что при трении двух твердых веществ локально развиваются высокие температуры, и предположили, что в действительности при образовании поверхностного слоя может происходить плавление материала. Этот слой может становиться аморфным при быстром остывании; возможна также перекристаллизация. Согласно природе полированного слоя, минералы можно разделить на четыре группы:

а. Алмаз (и графит), в котором точка плавления, по-видимому, слишком высока для образования слоя Бейлби. В данном случае процесс полировки сводится просто к очень тонкой шлифовке; первоначальные представления о том, каким способом полировать тот или иной вид алмаза, принадлежат Ньютону.

б. Минералы, подобные кварцу и корунду, в которых слой Бейлби является аморфным (подобным жидкости) в момент образования; однако затем происходит быстрая перекристаллизация, направленная в сторону подстилающего слоя.

в. Минералы, подобные кальциту и кианиту, в которых слой Бейлби кристаллизуется только на поверхностях, соответствующих главным кристаллографическим плоскостям, например на плоскостях спайности и всевозможных гранях кристалла, или на других поверхностях только при нагревании в течение некоторого времени.

г. Минералы, такие, как циркон и шпинель[1], в которых слой Бейлби остается аморфным на всех плоскостях. Большое значение поверхностного течения подтверждается наличием взаимосвязи между точкой плавления абразива и эффективностью его дей-

[1] Это свойство шпинели представляет значительный интерес с точки зрения защиты от износа алюминиевых поршней в железных или стальных цилиндрах двигателей внутреннего сгорания. Алюминий легко окисляется с поверхности; при трении пленка окислов кристаллизуется в виде мелких, очень твердых иголок корунда, царапающих внутреннюю поверхность цилиндра через пленку масла. Если же алюминий сплавить с магнием, то полученная в результате окисления шпинелевая отполированная поверхность сохраняется гладкой и аморфной и, как результат, износ цилиндров существенно уменьшается.

ствия в процессе полировки: карбид циркона, плавящийся при температуре 3532°С, полирует алмаз наиболее эффективно[1]. Слой Бейлби, если он имеется, должен быть чрезвычайно тонким, тоньше длины волны света, вероятно не больше 40 Å, поскольку в противном случае по показаниям рефрактометра получались бы более низкие показатели преломления, чем они должны быть у данного минерала; известно, что стекловидное вещество имеет более низкий показатель преломления по сравнению с кристаллом такого же химического состава. Однако недавно проведенные исследования заронили некоторые сомнения по поводу существования подобного слоя, во всяком случае в металлах. Электронный микроскоп позволяет обнаружить бесчисленное множество мелких трещин на поверхностях, которые кажутся идеально отполированными; во время полировки происходит беспрестанная потеря материала, а поверхностные слои, хотя и деформированные, являются кристаллическими.

Существуют любопытные различия в способах расчета стоимости алмазов и прочих драгоценных камней. Для алмазов стоимость устанавливается по граненому камню; в то же время стоимость огранки алмаза зависит от веса сырья. Причина подобного различия ясна: по точным пропорциям алмазов можно установить потерю веса; для остальных драгоценных камней форма не очень важна.

Когда обработка закончена, камень поступает к ювелиру на предприятие по изготовлению украшений. Мастер вставляет камень в кольцо, брошь или другое ювелирное изделие, для которого он подходит наилучшим образом. Камень оправляют в платину или другой металл из группы платины, а также в золото; серебро идет для более дешевых ювелирных изделий. Камень либо оправляют в металл, либо он удерживается зубцами. Первый способ более безопасен, однако второй способ элегантнее, а главное, имеет то преимущество, что в этом случае легко проверить подлинность камня. Камень, оправленный в металл, вполне может оказаться дублетом; кроме того, блеск ему может придавать кусочек фольги, подсунутый в оправу. Если камень закреплен зубцами, очень важно проверять их время от времени, особенно если они золотые, так как зубцы (и особенно в кольцах) изнашиваются. Иначе в один прекрасный день владелец вещи вдруг с горьким разочарованием обнаружит, что камень выпал из оправы и утерян.

До начала нашего века ювелиров справедливо могли критиковать за не слишком разнообразную продукцию, за то, что мало предпринималось попыток сохранить эффектные сочетания цвета и блеска используемых камней, а также за то, что тяжелые золотые оправы часто выглядели слишком навязчиво. Времена из-

[1] *E. E. Fairbanks*, The Gemmologist, 1957, vol. 26, p. 52—55.

менились, а вместе с ними изменились и вкусы, а также умение и мастерство. Ныне ювелирные изделия высшего класса отличаются элегантностью обработки и красотой линий.

в. Драгоценные металлы, используемые для оправ драгоценных камней

Первобытный человек, подбирая для украшения яркие предметы, привлекавшие его внимание (например, ракушки), вероятно, поначалу нанизывал их на нитку, но когда в дальнейшем ему стали попадаться ярко окрашенные или блестящие камешки, он стал искать более подходящий материал для их закрепления; для этой цели человек приспосабливал благородные металлы, те, что были обнаружены поблизости. В районах, где золото находили в самородках, достаточно больших и поэтому легко обнаруживаемых, его сразу же стали использовать в качестве украшения, а также для изготовления оправ. Золото обладает приятным желтым цветом, оно не подвержено атмосферным влияниям, сопротивляется огню и, хотя не выдерживает высокой температуры, при остывании не меняет внешнего вида. По этой причине алхимики Средневековья называли золото благородным металлом. Они считали серебро спутником благородного металла, но металлом более низкого качества, поскольку оно растворяется в царской водке. В те времена серебряные украшения и оправы находили широкий спрос; в наше время, когда воздух городов и поселков загрязнен угольным смогом, серебро не так любят, так как под действием сернистого газа оно быстро темнеет.

Золото и серебро ввозили в Палестину и использовали (в особенности серебро) для изготовления украшений и утвари, а также предметов культа. Оба этих металла служили промежуточным звеном при обмене, причем сначала измерение шло на вес, и только потом при расчетах стали использовать монеты.

К благородным металлам — золоту и серебру — в наши дни добавились металлы группы платины — рутений, родий, палладий, осмий, иридий и сама платина. Платину широко используют в ювелирном деле благодаря ее приятной ровной окраске; особенно часто ее применяют при изготовлении оправ для алмазов; при добавлении некоторого количества палладия получают сплав, известный под названием «белое золото». В наше время для изготовления оправ используются в основном золото (почти всегда в сплавах), серебро, обычно покрытое защитной пленкой для предотвращения потускнения, палладий и платина.

13
Названия камней

Истоки названий основных видов драгоценных камней, широко используемых и в наши дни, восходят к глубокой древности, и поскольку они употреблялись задолго до выделении науки о минералах в самостоятельную отрасль — минералогию, значение этих названий в разные времена было различным. Только недавно была предпринята серьезная попытка достичь международного соглашения относительно названий камней, употребляемых в ювелирном деле. Если бы ювелиры использовали названия, взятые из минералогии, не было бы никакой путаницы или неопределенности, но надо учитывать, что многие из этих названий неизвестны или по крайней мере непривычны людям, непричастным к этой науке, и что в целом нежелателен полный отказ от названий, возникших в древности, даже если бы эта задача не казалась столь безнадежной. Конечно, название, подобранное для впервые найденного камня, может оказать очень большое влияние на его дальнейшую судьбу. Когда томящаяся от любви Джульетта вопрошала: «Что́ значит имя?!» — ее мысли блуждали далеко от драгоценностей, но для камня имя — это почти все. Привлекательный красный камень, сопутствующий алмазу в Южной Африке, под своим собственным названием «гранат» почти не находил спроса, однако он стал ходким товаром под неправильным названием «капский рубин». Многие находят тихое удовлетворение в обладании камнем, который они считают одним из видов рубина, но эта радость может вдруг омрачиться открытием, что их камень — всего лишь презренный гранат, «золушка» среди драгоценных камней. По тем же соображениям сочли целесообразным предложить название «хризолит» для обозначения блестящего зеленого граната, найденного около полувека назад на Урале; это название было чрезвычайно неудачным, и не только потому, что цвет камня скорее травянисто-зеленый, а не оливковый, но также и потому, что этот термин («хризолит») постоянно используется в минералогии для обозначения камня, известного в ювелирном деле под названием «перидот». В наше время против использования подобных неправильных или вводящих в заблуждение названий выступают ведущие объединения ювелиров во всем мире.

Названия, которые обычно употребляются в ювелирном деле, давались камням в основном по их цвету — наиболее очевидной, но наименее надежной физической характеристике драгоценных камней. Чтобы разделять камни с явно различной твердостью, были введены особые эпитеты. Так, термин «восточный» стал употребляться для обозначения разновидностей корунда, близких по твердости к алмазу, не потому, что корунды привозили с Востока, а потому, что в то время лучшие драгоценные камни попадали в Европу именно оттуда. Точно так же из-за того, что много ценных образцов настоящих топазов было привезено из Бразилии, эпитет «бразильский» стали употреблять, чтобы отличить этот вид камней от желтого кварца, который ювелиры часто называли топазом[1].

Едва ли не все красные камни объединяли под названием «рубин» (иногда в сочетании с разными эпитетами, позволяющими разделить виды, отличающиеся по оттенкам или твердости) или производными от него названиями «рубеллит» и «рубицелл». Термин «рубин» следует употреблять только по отношению к драгоценным красным разновидностям корунда. Рубин-балэ, или балас-рубин — это красная шпинель, которая встречается вместе с настоящими рубинами на рудниках Бирмы и после огранки становится очень похожей на рубин. Как было отмечено выше, капский рубин — это гранат из Южной Африки; подобные названия, например «аделаидский рубин», «аризонский рубин», «колорадский рубин», в действительности относятся к гранатам из этих районов. Рубеллит — это восхитительный малиновый турмалин, прекрасные образцы которого добывают в Калифорнии, а рубицелл — это оранжево-красная шпинель.

Название «сапфир» всегда обозначает синий камень. Первоначально оно, по-видимому, использовалось для обозначения лапис-лазури и подобных минералов, а затем, когда была открыта драгоценная синяя разновидность корунда, так стали называть именно этот великолепный камень. Минералоги прошлого использовали это название в более широком, почти родовом смысле: для обозначения всех разновидностей драгоценных корундов, включая и рубин. Современные ювелиры употребляют его в том же смысле, но исключают рубин; так, они говорят о белом, желтом, зеленом и даже розовом сапфире. Бразильский сапфир — это на самом деле голубой турмалин (такая окраска у этого минерала встречается довольно редко), а водяным сапфиром называют как кордиерит (иолит), так и топаз.

Желтые камни, как правило, объединяли под названием «топаз». Собственно топазом называется твердый естественный фто-

[1] Напомним, что на Урале топаз и кварц никогда не путали между собой, но дымчатый кварц называли дымчатым топазом, топаз же всегда называли только тяжеловесом.— *Прим. ред.*

росиликат алюминия, который в чистом виде бесцветен, но радует глаз широкой палитрой оттенков, возникающих благодаря присутствию окислов металлов; тем не менее ювелиры долго не отказывались от привычки употреблять этот термин для обозначения как желтых разновидностей этого минерала, так и желтой разновидности кварца — цитрина; правда, когда говорили о собственно топазе, то добавляли слово «бразильский». Даже в наше время некоторые ювелиры вносят путаницу, употребляя названия «бразильский топаз» и «топаз», когда они имеют в виду настоящий топаз и кварц. Возможно, для тех, кто настаивал на сохранении такого неправильного употребления слова «топаз», в качестве компромисса был предложен термин «топаз-кварц» для обозначения желтого кварца, но это почти так же плохо, потому что порождает представление о какой-то минеральной разновидности, промежуточной между топазом и кварцем. Восточный топаз, королевский топаз, индийский топаз — все это желтый корунд, тогда как западный топаз — это желтый кварц (цитрин).

Название «изумруд» всегда употреблялось для обозначения камней зеленого цвета. Вначале так обозначалась хризоколла — непрозрачный зеленоватый камень, а позднее это название стали использовать для обозначения бесценной разновидности берилла травянисто-зеленого цвета, для которой оно употребляется и поныне. Восточный изумруд — это зеленый корунд. В XVIII в. зеленый турмалин, только что появившийся в Европе, обычно назывался бразильским изумрудом. Название «уральский изумруд» пробовали употреблять для обозначения зеленого граната с Уральских гор; чаще этот камень называли (опять-таки неправильно) хризолитом. Литиевый изумруд, медный изумруд, капский изумруд и африканский изумруд — это соответственно гидденит (зеленый, или благородный, сподумен), диоптаз, пренит и зеленый флюорит. Следует, однако, отметить, что в настоящее время названия «бразильский изумруд» и «африканский изумруд» вполне правильно употребляются для обозначения изумрудов, добываемых в Бразилии и в Африке.

Аметист — красивый фиолетовый кварц, однако с эпитетом «восточный» он означает фиолетовый корунд и даже фиолетовую шпинель; в то же время некоторые ювелиры используют это название для обозначения блестящего кварца из Сибири, характеризующегося чередованием полос пурпурной и белой окраски.

Альмандином называют фиолетово-красный гранат, но названия «восточный альмандин» и «альмандин-шпинель» употреблялись раньше для обозначения фиолетовых разновидностей корунда и шпинели соответственно.

Название «алмаз» применяется для обозначения блестящего, чрезвычайно твердого и в случае правильной огранки ярко сверкающего камня, который для всех поколений был самым попу-

лярным среди драгоценных камней. К сожалению, это название давали также блестящим бесцветным камням, относящимся к другим видам; корнуэллский алмаз, бристольский алмаз и подобные камни — это горный хрусталь (бесцветный кварц), матарский бриллиант (Матара — город на юге Цейлона) и цейлонский алмаз — бесцветный циркон, а саксонский (или сибирский) алмаз — бесцветный топаз.

Аквамарин — это прекрасная голубовато-зеленая разновидность берилла; восточный аквамарин и сиамский аквамарин — это зеленоватый корунд и зеленая шпинель соответственно.

«Гиацинт» — название красновато-коричневого циркона, но часто его неправильно употребляют для обозначения гранатов такого же оттенка. Восточный гиацинт — это красновато-коричневый корунд.

С названием «хризолит» связана некоторая путаница. Это слово — синоним названия «оливин» (или «перидот», как предпочитают говорить ювелиры), но часто оно неправильно используется для обозначения совершенно иного минерала — хризоберилла. Восточный хризолит — это желтовато-зеленый корунд, но иногда так называют хризоберилл такого же оттенка. Бразильский хризолит, аквамарин-хризолит и саксонский хризолит — это хризоберилл, берилл и топаз соответственно.

Как хризоберилл, так и кварц, имеющие подходящую окраску и ограненные кабошоном, могут производить эффект «кошачьего глаза». Название «кошачий глаз» без дополнительного определения относится только к хризобериллу; если речь идет о кварце, то следует говорить «кварцевый кошачий глаз».

Название «жад» объединяет два различных минерала — жадеит и нефрит, однако его вольно употребляют по отношению к другим, внешне похожим минералам, например гранату (трансваальский жад) и идократу (американский жад и калифорнийский жад)[1].

Истинная шпинель — твердый минерал, носящий такое же название; аризонская шпинель — это красный или зеленый гранат, а кандийская шпинель — бледно-красный гранат с Цейлона.

В коммерческом масштабе успешно изготавливаются такие драгоценные камни, как корунд, шпинель, изумруд и рутил; эти названия с добавкой «синтетический» вполне правильно используются для обозначения соответствующих искусственных материалов. Было бы неверно называть красновато-зеленый камень, который становится еще краснее при искусственном освещении, синтетическим александритом, поскольку такой камень по составу соответствует корунду, а не хризобериллу. Не следует

[1] В отечественной практике термин «жад» почти не используется — всегда различают нефрит и жадеит. Используется только термин «трансваальский жад».— *Прим. ред.*

также использовать в случае синтетических камней термин «восстановленный»: он был введен для обозначения образцов искусственного корунда, которые, как полагают, были получены из расплавленных кусочков природного корунда; этот термин нельзя применять для обозначения материалов, кристаллизовавшихся из порошкообразного глинозема.

Из сказанного можно понять, что популярные названия драгоценных камней имеют тот большой недостаток, что они заставляют предполагать несуществующее родство между отдельными видами и не отражают никаких существенных свойств этих камней, кроме, разве что, цвета (сапфир и рубин, изумруд и аквамарин, цитрин и аметист).

Наиболее известные названия ювелирных камней возникли в глубокой древности. Они, разумеется, имеют различные источники и образованы без каких-либо определенных правил. Однако по мере возрастания количества открытых минералов для них требовались новые названия, и у греков появился обычай использовать для этих названий слово λίθος (камень), соединенное с каким-либо определением, характеризующим данный камень. Со временем окончание отбрасывалось, и прилагательное приобретало форму существительного; так, у греческих авторов мы находим слова ἀνθρακίτης (антрацит), αἱματίτης (гематит) и σεληνίτης (селенит), образованные таким образом. Латинские авторы, например Плиний, перенимали эти слова и по мере надобности создавали таким же способом другие, добавляя окончания прилагательного к термину, принятому для обозначения данного минерала. Эта практика перешла в романские языки, и мы находим во французском языке окончание «-ite», в итальянском — «-ita». Такой способ словообразования широко используется теперь во многих европейских языках.

Геммологическая ассоциация Великобритании понимает важность решения вопроса об использовании разнообразных названий драгоценных камней как в интересах ювелиров, так и в интересах широкой публики. Принятие парламентом «Законопроекта об описании товаров», который стал законом Соединенного Королевства в 1968 г., заставило по-новому взглянуть на проблему правильного названия камней. Уже предусмотрены наказания за неверное описание камней: продажа синтетического изумруда под названием «изумруд», кварца — под названием «топаз», синтетического корунда — под названием «александрит», стразов — под названием «топаз», а синтетической голубой шпинели — под названием «аквамарин» считается неверным описанием товара и подпадает под действие этого закона.

14
Синтетические камни

Первым шагом при изучении кристаллического вещества является определение его физических и химических свойств, а также данных о его внутреннем строении. Существует другое утверждение: прежде всего, что значительно труднее, кристаллическое вещество следует вырастить или искусственно изготовить из составляющих его атомов. Неизвестные широким массам исследования по синтезу минералов давно уже проводились в стенах лабораторий в разных частях света, и по мере того как развитие науки и техники давало в руки экспериментаторов все более эффективные средства (даже если сравнивать со средствами, имеющимися в распоряжении природы), опыты исследователей становились все успешнее и изыскания все время расширялись. Однако власть природы столь велика, что люди из-за неосведомленности о достижениях в этой области долго не верили в то, что человек может воспроизвести сокровища, которые ценой тяжелого труда добываются из недр земли. Когда же было неоспоримо доказано, что упорные усилия человека поставить природу себе на службу не пропали даром, возникло некоторое опасение, что драгоценные камни обесценятся. Это обстоятельство заставило ювелиров создать в главных научно-исследовательских центрах лаборатории, в которых проводилось сравнительное изучение подлинных и искусственных драгоценных камней и, кроме того, совершенствовалась новая техника, которой требовали обстоятельства. Подлинность драгоценных камней представляет по крайней мере личный интерес, но пока существует большое и даже огромное несоответствие в ценах на природные и изготовленные человеком продукты, этот вопрос имеет и чрезвычайно большое практическое значение.

Кристаллизация может происходить различными способами:

1. Из расплавленного вещества при охлаждении. В этом случае высокие температуры неизбежно приведут к тому, что большая часть материала драгоценных камней расплавится, и классическим приемом должен быть способ Вернейля — *плавление в пламени*. Для того чтобы использовать материал в качестве драгоценного камня, необходимо наличие отдельных кристаллов, а не поликристаллических агрегатов и применение методов, обеспечивающих получение именно кристаллов. Ростом отдельных кристал-

лов можно управлять при помощи изменения температуры вдоль длинного узкого тигля; кроме того, эти кристаллы можно «вытянуть из расплава», как в методе Чохральского.

2. При выделении вещества из насыщенного раствора. В природе растворителем может быть не только вода, холодная или горячая, содержащая газ или кислоту, но и расплавленная порода; при этом температура или давление (или и то, и другое) могут быть исключительно высокими. *Гидротермальный синтез* осуществляется в автоклаве, обычно при умеренных температурах и давлениях от средних до высоких. *Методы плавления с добавлением флюса* предусматривают использование тугоплавких растворителей.

3. При возгонке паров вещества, т. е. путем непосредственного перехода в твердое состояние, минуя жидкую фазу.

4. Осаждением вещества из раствора, его содержащего, когда оно свободно выпадает в осадок при химической реакции.

Для синтеза драгоценных камней методы 3 и 4 в настоящее время применяются редко.

При прочих равных условиях, чем проще состав вещества, тем легче получить это вещество; вместо образования одного вещества сложного состава может существовать тенденция к выпадению двух или более различных веществ, если только условия выдержаны не очень точно. Приведем пример: если три молекулы — окись бериллия (BeO), глинозем (Al_2O_3) и кремнезем (SiO_2) — соединить в различных пропорциях, они дадут разные минералы; в одной экспериментальной работе показано, что при определенных условиях сначала образуется кварц в форме тридимита, а затем, по мере постепенного повышения температуры, берилл и наконец фенакит. Кроме того, эта проблема осложняется тем, что некоторые вещества, например кремнезем, будут кристаллизоваться в различных формах в зависимости от условий температуры и давления. Простейшими по составу среди драгоценных камней являются алмаз (кристаллический углерод C), корунд (кристаллическая окись алюминия Al_2O_3), шпинель (кристаллическая окись магния и алюминия $MgAl_2O_4$) и кварц (кристаллический кремнезем SiO_2). Берилл (кристаллический алюмосиликат бериллия $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$) по составу более сложен, но из-за относительного недостатка высокосортного природного изумруда его синтез привлекает значительное внимание. Обсудим теперь искусственное получение этих и других драгоценных камней.

а. Синтетический алмаз

Из всех драгоценных камней алмаз, несомненно, имеет самый простой состав, представляя собой, по существу, одну из двух модификаций чистого кристаллического углерода, но изготовление

алмаза в лабораторных условиях сопряжено с очень большими трудностями. Углерод нельзя перевести в жидкое состояние путем нагревания, поскольку он горит, т. е. соединяется с кислородом воздуха, при температуре намного ниже точки его плавления. Кроме того, при обычных давлениях и температурах более устойчивой формой кристаллического углерода является графит.

Самым ранним интересным исследованием в долгой истории попыток синтезировать алмаз является работа Хэннея[1], который в 1880 г. описал ряд экспериментов по синтезу алмаза. Они были основаны на том, что при нагревании углеродсодержащего газа под давлением в присутствии лития, калия, натрия или магния водород соединялся с металлом, а углерод, выделяясь таким образом в свободном состоянии, осаждался в виде очень твердых чешуек. Хэнней предположил, что при таких условиях углерод может кристаллизоваться в форме алмаза. Не пугаясь многочисленных неудач, обусловленных тем, что трубки не выдерживали высокого давления, вызванного температурой, и взрывались или выпускали содержащиеся в них газы, Хэнней настойчиво использовал все более и более толстые трубки, применял различные способы их запаивания и экспериментировал с различными исходными веществами. В конце концов он установил, что только опыты с литием дают перспективные результаты, и взяв 4 мг лития и смесь из 10% хорошо очищенного костяного масла и 90% парафинового спирта[2], получил твердую однородную массу, которая покрывала дно трубки и прилипала к ее стенкам. Измельчив эту массу, он обнаружил в ней мелкие прозрачные кусочки вещества, которые, как он считал, были алмазами. Несколько из этих небольших частиц были изучены Стори-Мэскилином, в то время хранителем минералов Британского музея естественной истории, который, подвергнув эти частицы тщательному анализу, пришел к выводу, что это действительно алмазы.

Конечно, тогда не существовало способа определения кристаллических структур с помощью Х-лучей. Однако в 1943 г. в поле зрения ученых попало хранившееся в Отделе минералов Британского музея естественной истории предметное стекло, на котором были помещены двенадцать небольших частиц, судя по этикетке, искусственно полученных Хэннеем и представленных им в 1880 г.; эти частицы подвергли анализу Х-лучами[3]. Как полагали, ча-

---

[1] *J. B. Hannay*, On the artificial formation of diamond, Proc. Roy. Soc., 1880, vol. 30, p. 188—189 (Preliminary note), 450—461.

[2] В своем описании Хэнней поменял местами эти процентные соотношения, но смысл не вызывает сомнений, так как автор подчеркивал необходимость использовать лишь небольшой процент костяного масла.

[3] *F. A. Bannister*, *K. Lonsdale*, An X-ray study of diamonds artificially prepared by J. B. Hannay in 1880, Mineralogical Magazine, 1943, vol. XXVI, p. 315—324.

стицы представляли собой часть материала, изучавшегося Стори-Мэскилином в 1880 г., о чем упоминалось выше. К сожалению, в то время не отдавали должного своевременной регистрации всех новых поступлений, и это предметное стекло не было внесено в главный реестр Отдела минералов вплоть до 1901 г. Не нашли никаких записок о нем и у Стори-Мэскилина; следовательно, остается некоторая доля сомнения, действительно ли эти частицы были среди тех, которые получил Хэнней. С другой стороны, необычная полосчатость, заметная на плоскостях спайности, соответствует описанию частиц Хэннея, которое дал Стори-Мэскилин. Поэтому исследователи пришли к выводу, что эти частицы были из числа полученных Хэннеем во время его опытов. Правда, одна частица темно-желтого цвета с двупреломлением не была алмазом; ученые не определили ее, но полагают, что это керамическое вещество. Считают, что остальные одиннадцать частиц представляют собой алмазы, причем один из них относится к редко встречающемуся типу.

Более поздние исследования равновесных соотношений между алмазом и графитом при изменении температуры и давления (кульминацией которых был успешный синтез алмаза, описываемый ниже), по-видимому, доказывают, что в условиях, которых добивался в своих опытах Хэнней, алмаз, вероятно, не может кристаллизоваться. Обломки на предметном стекле почти наверняка являются осколками природных алмазов; но либо их приписывают Хэннею по ошибке, либо они были мошеннически внесены в аппарат Хэннея (возможно, как полагают, помощником, которому надоели частые взрывы).

Спустя десять лет или немного позже Муассан[1], который был известен тем, что открыл крошечные алмазы в метеорите каньона Дьябло, изучал способность углерода растворяться в расплавленных металлах, надеясь, что алмазы могут осаждаться из насыщенного расплава при охлаждении. Он считал, что добьется успеха, если поместит угольный тигель, содержащий чистое железо и углерод, в электрическую печь. Углерод растворялся в расплавленном железе до тех пор, пока оно не насыщалось, и больше не поглощался. Расплавленную массу, пока она еще была при температуре белого каления, резко охлаждали, погружая в расплавленный свинец. После затвердения эта масса остывала на воздухе. Идея заключалась в том, что после того, как масса покрывалась жесткой коркой, дальнейшее охлаждение должно было вызвать огромное внутреннее давление, поскольку жидкости при затвердевании расширяются. Затем эта масса тщательно обраба-

[1] *F. F. H. Moissan*, Sur la préparation du carbone sous une forte pression, Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, 1893, vol. 116, p. 218—224; Nouvelles expériences sur la reproduction du diamant, ibid., 1894, vol. 118, p. 320—326.

тывалась кислотами, чтобы освободить все образовавшиеся алмазы. Испытания показали, что частицы царапают полированную поверхность рубина, а удельный вес их изменяется от 3 до 3,5; кроме того, при сжигании их в кислороде образовывалась двуокись углерода. Поэтому был сделан вывод, что эти частицы представляют собой алмазы[1].

Эксперименты Муассана повторил Крукс[2], который считал, что тоже обнаружил мелкие алмазы в осадках, образовавшихся в закрытых стальных трубках при взрыве бездымного пороха.

На Бейкеровской лекции в 1918 г. Парсонс[3] сделал полное и исчерпывающее сообщение о многочисленных опытах, которые он выполнил по методикам, предложенным предыдущими исследователями, но используя усовершенствованную аппаратуру, которая позволяла получить еще более высокие температуры и давления; кроме того, он привел данные о большом количестве экспериментов, осуществлявшихся новыми методами. Парсонс отметил, что Хэнней ошибался, считая, что в трубках, содержащих воду или углеводороды, при нагревании возникло высокое внутреннее давление, потому что при температуре красного каления водород улетучивается через металл и кислород взаимодействует со сталью. Большая часть опытов дала отрицательные результаты, хотя, как теперь думают, в отдельных опытах (и Крукса тоже), в которых высокие давления получали при помощи взрывов, необходимые условия почти соблюдались.

В начале 1955 г. компания «Дженерал электрик» сообщила, что в 1954 г. ее исследовательская группа добилась успеха в получении искусственных алмазов. Изучение равновесных соотношений между алмазом и графитом заставило предположить возможность кристаллизации алмаза при давлении более 100 т/см^2 и температуре свыше 2775°С. Позднее, совершенствуя технику высокого давления, Бриджмен сконструировал сосуд, в котором необходимое давление можно было поддерживать в течение многих часов. (В конце концов давление достигло около 175 т/см^2.) Вскоре стало известно, что подобные исследования проводятся и в других лабораториях. Вероятно, впервые успеха добилась одна шведская фирма (хотя результаты этих работ сразу опубликованы не были), когда 15 февраля 1953 г., после 23 лет подготовительных работ, было получено сорок мелких кристаллов алмаза[4]. В после-

---

[1] Повторение опытов Мауссана показало, что в этих условиях кристаллизуется карбид кремния «SiC», который сейчас носит название «муассонит»; он действительно тверже рубина и дает при сжигании двуокись углерода.— *Прим. ред.*

[2] *W. Crookes*, Diamonds, London and New York, 1909.

[3] *C. A. Parsons*, Experiments on the artificial production of diamond, Phil. Trans. Roy. Soc., A, 1919, vol. 220, p. 67—107.

[4] *J. Burls*, International Nickel Magazine, 1965, No. 29, p. 25.

дующие годы успешную перекристаллизацию графита в алмаз в присутствии металлического катализатора осуществили в лабораториях всего мира. Попытки превратить графит непосредственно в алмаз успехом не увенчались, и тогда изучили множество катализаторов, в том числе железо, никель, кобальт и металлы платиновой группы. Рост алмаза происходит, вероятно, из раствора в тонком слое расплавленного металла. Целью этой работы было производство мелких алмазов для промышленных целей; в настоящее время, по-видимому, четверть годовой потребности в таких алмазах обеспечивает синтетический материал. Перспектива свертывания добычи алмазов из-за появления искусственного вещества со свойствами этого драгоценного камня пока все еще кажется отдаленной; только недавно (в 1970 г.) были получены кристаллы весом около одного карата, но стоимость их гораздо выше стоимости природных драгоценных камней.

б. Синтетический корунд

С тех пор как известны драгоценные камни, среди них высоко ценились и соответственно всегда дорого стоили рубины и сапфиры хорошей окраски и без изъянов. Поэтому искусственное их изготовление имеет не только академический интерес, и экспериментаторы ведут исследования в этой увлекательной области почти непрерывно с того времени, когда Годе́ну удалось получить зерна кристаллического корунда. В 1877 г. Фреми и Фейль первыми добились большого успеха, хотя полученные ими тонкие пластинки нельзя было применить в ювелирном деле. Образец из одного их тигля, демонстрирующий блестящие рубиновые зерна, выставлен в Галерее минералов Британского музея естественной истории.

1. Восстановленные камни

В 1885 г. ювелирный рынок был захвачен врасплох появлением красных камней, по слухам, привезенных из Женевы; эти камни обладали физическими свойствами рубинов, и поэтому их признали натуральными камнями. Однако в конце концов обнаружилось, что они не похожи ни на какие камни, известные прежде, и тогда стали считать, что эти рубины получены в результате плавления обломков природных рубинов в пламени гремучего газа; поэтому их и назвали восстановленными камнями. В них были заметны многочисленные неравномерности роста, трещины, возникшие при резком охлаждении, а также пузырьки воздуха (часто их было так много, что кристаллы казались замутненными), а самое главное — камни имели ненатуральный оттенок. Та-

ким образом, они были далеки от совершенства, хотя по сравнению со всеми прежними достижениями и отмечался некоторый прогресс. В настоящее время считают, что исходным материалом может служить очищенный глинозем, а не природный рубин, и в этом смысле название «восстановленные камни» не оправдано.

2. Синтетические камни

Выдающийся успех в синтезе корунда, а точнее рубина, был достигнут в 1904 г., когда Вернейль, который в свое время сделал первые шаги в науке под руководством Фреми, изобрел остроумный прибор — печь, напоминающую перевернутую паяльную трубку (рис. 110), что позволило ему преодолеть трудности, ставившие в тупик его предшественников, и получить рубины, после огранки соперничавшие по облику с природными. Печь состояла из двух трубок, одна из которых E, находящаяся вверху, широкая в верхней своей части, сужалась книзу и, опускаясь в центр нижней трубки F, заканчивалась тонким наконечником как раз над нижним отверстием последней. Кислород поступал по трубке C, проходя через пластину, закрывающую верхний конец трубки E. Стержень, который проходил через резиновую втулку в этой же пластине, поддерживал внутри трубки E сосуд D и заканчивался сверху небольшой пластинкой, на которой был закреплен диск B. Молоток A, поднимаясь под действием электромагнита и освобождаясь, падал благодаря силе тяжести и ударял по диску. Последний мог поворачиваться вокруг горизонтальной оси, занимая эксцентрическое положение, так чтобы высоту, с которой падал молоток, и, следовательно, силу удара можно было регулировать. Резиновая втулка, совершенно непроницаемая для газов, надежно удерживала стержень, но позволяла передавать удары сосуду D, причем специальное направляющее устройство удерживалось в вертикальном положении. Основанием этого сосуда, в который помещали порошок глинозема, используемый в производстве синтетического корунда, служило цилиндрическое сито с мелкими отверстиями. Непрерывная серия легких быстрых ударов молотка обеспечивала правильную подачу порошка вниз по трубке, причем количество его регулировалось изменением вы-

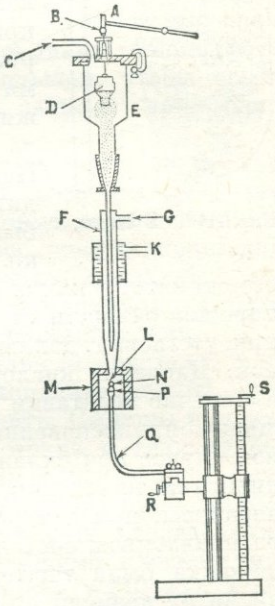


Рис. 110. Печь Вернейля.

соты, с которой падал молоток. Водород поступал по трубке G, проходя во внешнюю трубку F, и соединялся с кислородом обычным способом непосредственно выше отверстия L. Чтобы исключить неправильную тягу, пламя было окружено экраном M, снабженным для контроля слюдяным окошком, а водяная рубашка K защищала верхнюю часть прибора от перегрева.

Окись алюминия осаждали из раствора чистых аммиачных квасцов[1] в дистиллированной воде путем добавления чистого аммиака; кроме того, вместе с аммиачными квасцами в раствор входили хромовые квасцы в количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить содержание около 2,5% окиси хрома в изготавливаемом камне. Порошок, тщательно приготовленный и очищенный, как уже говорилось, помещали в сосуд D, и, попадая в пламя у отверстия, он плавился и падал в виде жидкой капли N на подставку P, которая была сделана из плавленой окиси алюминия. Подставка при помощи платиновой муфты соединялась с железным стержнем Q, который был снабжен необходимой системой регулировки с помощью винтов R, S для центрирования стержня и опускания его по мере роста булькн[2]. Очень тщательно порошок очищали от малейших примесей калия, который, если бы присутствовал, должен был бы придать камню коричневатый оттенок. Давление кислорода, вначале низкое, чтобы предотвратить плавление подставки и чтобы обеспечить возможно меньшую площадь соприкосновения булькн с подставкой, поскольку в противном случае при охлаждении возникают трещины, постепенно увеличивали до тех пор, пока пламя не достигало критической температуры, при которой верхняя часть булькн поддерживалась в расплавленном состоянии, но не кипела. В то же время подача порошка была тщательно соразмерена с давлением. Подставку время от времени опускали, и булька росла в форме груши (теперь ее форма ближе к цилиндрической) (рис. 111; фото 13), верхушка которой была направлена вниз и соединялась с подставкой тонким стебельком. Как только булька достигала нужного или максимально возможного при используемой горелке размера, подача газов резко и одновременно прекращалась. Через десять минут или около того бульку опускали из камеры M при помощи винта S или же камеру открывали, и когда булька совсем остывала, ее снимали с подставки.

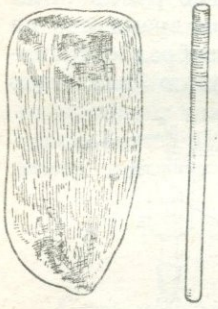


Рис. 111. Булькн.

[1] $(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$.

[2] Французское слово boule, означающее «шар», используют для удобства и ясности, чтобы обозначить каплю (которая сначала имела грушевидную форму, а теперь — цилиндрическую), получаемую в трубке Вернейля.

Для промышленных целей метод Вернейля усовершенствовали очень мало. Попытка заменить дорогостоящий водород угольным газом не увенчалась успехом из-за того, что этот газ трудно достаточно хорошо очистить. Молоток вместо электромагнита часто управляется эксцентриком, при этом, как можно видеть на фото 12, ряд печей располагают на одной линии, так что их эксцентрики работают от одного вала *a*. Экран из огнеупорной глины *b*, окружающий пламя, разделен, чтобы его удобно было снимать, вдоль на две половины, и спереди оставлено небольшое окно для наблюдения за булькой во время роста; экран из красного стекла *c* защищает глаза от ослепительного блеска. Половина огнеупорного экрана печи в центре иллюстрации удалена, чтобы показать внутреннее устройство прибора. Изменены центрировка, подъем и спуск аппарата (*d*). Процесс настолько прост, что один человек может следить примерно за дюжиной таких машин (фото 13), и выращивание бульки, достаточно большой, чтобы после огранки получить камень весом 10 каратов, занимает лишь один час.

Для ювелирных целей в настоящее время выращивают бульки почти цилиндрической формы. Обычно они разделяются вдоль центральной оси на половины, которые по форме, если только она не подчинена ориентировке кристалла, превосходно подходят для последующей огранки; как правило, в процессе остывания бульки раскалываются в нужном направлении, по-видимому, благодаря развитию плоскости отдельности при двойниковании.

Каждая булька представляет собой отдельный кристалл, а не глиноземистое стекло или неправильное скопление мелких кристаллов, как это можно было бы предположить. Стороны бульки, имеющие цилиндрическую форму, обычно яркие и гладкие без признаков граней, но купол, или округлый конец, может быть шероховатым из-за того, что на нем развита тонкая сетка линий, пересекающихся под углом 60°. Гониометрические исследования показали, что эта сетка образована мельчайшими плоскостями, соответствующими основному ромбоэдру корунда, $r\{10\bar{1}1\}$[1]. У обломанного конца, где булькy отделили от подставки, можно наблюдать четкую плоскость раздела, параллельную поверхности основания и, следовательно, составляющую прямой угол с кристаллографической осью. Если булька остывала равномерно, то кристаллографическая ось довольно точно совпадает с осью бульки, но поскольку в промышленности технология никогда точно не соблюдается, кристаллографическая ось может быть наклонена, а в пределе может даже располагаться под прямым углом к оси ядра, хотя она всегда лежит в плоскости, по которой булька

[1] *G. F. Herbert Smith*, Note on synthetical corundum and spinel, Mineralogical Magazine, 1908, vol. XV, p. 153—155.

раскалывается. Следовательно, бульки имеют внутреннее строение, характерное для корунда (хотя их внешний облик не типичен), и поэтому камни, вырезанные из булек, обладают теми же физическими свойствами (твердостью, удельным весом, светопреломлением, двупреломлением, дихроизмом и т. д.), что и природные образцы. Таким образом, синтетические камни точно так же реагируют на испытания при помощи рефрактометра и дихроскопа, как и натуральные, и если бы не определенные характерные дефекты, различить их было бы невозможно.

Успех, который сопутствовал получению искусственных рубинов, стимулировал работы по получению других разновидностей корунда. Уменьшив содержание окиси хрома, можно получить более светлую окраску; были изготовлены розовые камни, по своему оттенку очень похожие на огненные топазы, первоначальный желтый цвет которых был изменен прокаливанием. Поэтому такие синтетические камни сначала получили название «научные топазы», что, конечно, совершенно неверно, так как топаз совсем другой драгоценный камень.

Первые попытки получить изысканный синий оттенок подлинного сапфира столкнулись с непредвиденным затруднением. Используемое красящее вещество — окись кобальта — не рассеивалось равномерно по бульке, а вместо этого скапливалось пятнами. Было установлено, что для получения равномерной окраски в качестве флюса необходимо добавлять значительное количество магнезии. Позднее обнаружили, что эти камни имеют физические свойства не сапфира, а шпинели (окись магния и алюминия). Гониометрические исследования сетки на округлом конце бульки, где линии в данном случае пересекались под прямым углом, показали, что сетка соответствует граням октаэдра, $o\{111\}$, а также, хотя и в меньшей степени, граням куба, $a\{100\}$. Следовательно, полученные из этих булек кристаллы полностью соответствуют кристаллам шпинели, т. е. имеют кубическую форму. Согласно терминологии, привести которую не представляется возможным, этим голубым камням сначала дали необычное название «Сапфир Хоуп» по причудливой аналогии со знаменитым голубым алмазом, который некогда был гордостью коллекции Хоупа (стр. 241). Голубая шпинель иногда встречается в природе, но имеет другой оттенок.

В конце 1909 г. Вернейлю удалось получить голубой корунд, применив в качестве красящих примесей окись титана (0,5%) и магнетит (1,5%), но оттенок у этих камней был не совсем такой, как у сапфира. Камни с лучшей окраской были получены позже, когда из опытов исключили окись железа. В настоящее время в смесь вводят некоторое количество железа, но, очевидно, в процессе роста бульки оно улетучивается: в спектре поглощения не обнаружено никаких следов железа. Изготовить сапфир гораздо

труднее, чем рубин, поскольку нужно очень точно регулировать температуру пламени и положение в нем бульки, иначе камень приобретает фиолетовую окраску.

Опыты проводились с большим количеством красящих веществ, в результате чего были получены синтетические корунды самых разных оттенков. Если вообще не добавлять никакого красящего вещества и очистить квасцы от калия, который придает коричневатый оттенок, образуются бесцветные камни. Они аналогичны природному белому сапфиру и были названы уолдеритами. Пытались использовать термин «научный бриллиант», что явно неверно и вводит в заблуждение, так как эти камни не имеют ничего общего с подлинным бриллиантом; кроме того, этот термин применяется для обозначения алмаза, ограненного особым образом.

Если в качестве красящего вещества использовать окись никеля, получаются желтые камни почти всех оттенков, какие только можно вообразить. Особой красновато-желтой разновидности дали собственное наименование — «падпарадшах» (от сингальского слова padmaragaya — цвета лотоса).

Наиболее интересны камни, для окраски которых применялась окись ванадия; при дневном свете они кажутся красновато-зелеными, а при искусственном становятся красными. В природе это явление известно только у разновидности хризоберилла, которая называется александритом. Поэтому такие камни сначала назвали научными александритами; однако от этого неправильного термина давно отказались. Добавка кобальта, магния, цинка или других металлов, в том числе и ванадия, позволяла получить синтетический корунд различных оттенков зеленого цвета, близких к типичной окраске изумруда и турмалина; при добавке никеля, железа и титана получался фисташково-зеленый цвет. Прозрачную зеленую разновидность назвали амариллом. Применяя хром, железо и титан, добились фиолетовой окраски камней.

Легко получаются бульки, состоящие из разноокрашенных оболочек; вырезанные из таких булек камни похожи на многоцветные турмалины, хорошо известные в природе. Превосходные корунды, звездчатые рубины и сапфиры были искусственно изготовлены при реакции распада твердого раствора с выпадением иголочек рутила.

Практически не существует синтетических камней без пузырьков воздуха (фото 5, *б*), которые легко увидеть при помощи обычной лупы с небольшим увеличением, хотя, если эти пузырьки очень мелкие, они похожи на пылинки. Форма у них сферическая, а их явно округлые очертания являются безошибочным и надежным признаком искусственного происхождения камня. В натуральном камне могут присутствовать (фото 4, *а*, *б*, *в*) пузырьки

и полости, но контуры их редко бывают округлыми. Пытаясь предотвратить появление пузырьков в центральной части бульки, поддерживающую подставку иногда заставляют вращаться; этот прием приобретает все большее значение в связи с потребностью некоторых отраслей промышленности в более совершенных кристаллах. Существует другой диагностический признак, по которому можно точно распознать синтетические камни, особенно окрашенные. Хотя они и кажутся чистыми и прозрачными, структура их неоднородна. Если исследовать внутреннее строение таких камней, что лучше всего делать под микроскопом при ярком освещении и погрузив их в масло, чтобы легче проходил свет, обычно можно хорошо различить изогнутые бороздки, или линии роста. Эти бороздки представляют собой части последовательно нараставших скорлупок первичной бульки, поскольку количество красящего вещества хоть и немного, но достаточно заметно меняется во время роста, что обусловлено прерывистыми ударами молотка по резервуару с порошком. Неравномерное распределение красящего вещества можно уменьшить с помощью вибратора или червячной передачи. С другой стороны, хотя полоски разного цвета или оттенка обычны и в натуральных камнях, они всегда прямолинейны, так как повторяют плоские грани первоначального кристалла. Следовательно, если на изучаемом под микроскопом камне имеется много изогнутых бороздок, то его искусственное происхождение несомненно. Иногда в синтетическом корунде можно увидеть линии бороздок, обусловленные полисинтетическим двойникованием.

Кроме ювелирного дела, искусственный корунд находит все большее применение в промышленности и в настоящее время повсеместно используется для изготовления опорных камней в часах и других приборах, для которых требуется дешевый, прочный и, главное, надежный материал. Крупные кристаллы применяются в мазерах и лазерах. Хотя цилиндрическая полубулька вполне пригодна для огранки по форме, обычно принятой для ювелирных камней, если потери при огранке достигают 98%, это очень расточительно. Выяснилось, однако, что, изменив устройство печи Вернейля, можно вырастить тонкие стержни; вырезанные из них алмазным диском тонкие пластинки не нуждаются в огранке, их надо только просверлить и отполировать; при этом сберегается большое количество материала: потери составляют лишь 2%. Сырье, которое представляет собой чрезвычайно тонкий порошок (его частицы имеют диаметр около 0,0001 мм), при помощи вибратора поступает вниз в струю газов, которые должны быть абсолютно чистыми и сухими, и далее в пламя печи. Горелка во время работы видна плохо, действует совершенно бесшумно и почти не излучает тепла. Оптической ориентировкой стержня можно очень легко управлять, используя в качестве подставки обломок

изготовленного раньше корунда, который устанавливается в нужном положении, так что новый материал будет кристаллизоваться в полном соответствии с ориентировкой старого.

Как только стержень начинает расти, его диаметр и скорость роста регулируют подставкой. Это делается механически, путем понижения с помощью небольшого электромотора супорта, поддерживающего растущий кристалл. При помощи остроумного приспособления изображение светящегося стержня проектируется на экран, на котором прочерчены главные линии, и скорость роста устанавливается такой, чтобы изображение заполнило очерченное этими линиями пространство. Стержни диаметром 2—3 мм растут со скоростью около 25 мм в час. Обычно выращивают стержни длиной 25—30 см, но известны и образцы длиной до 60 см. Если уже образовавшиеся стержни прокалить, их бока становятся замечательно чистыми и блестящими. Стержни, пока они горячие, можно изгибать плоскогубцами, не ломая. Стержни, изогнутые подобно рукоятке трости, используются в производстве искусственного шелка. Опыт показывает, что такие стержни хрупки, если они или слишком толстые, или содержат слишком много окиси хрома. Уместно задать вопрос: почему требуется окрашенное вещество, если оно используется только в качестве опорных камней? Ответ такой: неразборчивые люди, привыкшие видеть в своих часах кусочки красных драгоценных камней, подозрительно отнесутся к бесцветным опорным камням[1].

Из опыта известно, что если при выращивании стержней для опор используется подходящий материал, то оптические оси стержней должны почти совпадать с их длиной. Стержни с перпендикулярными к длине оптическими осями не находили применения до тех пор, пока их тщательно не прокалили при температуре свыше 1500°С. В практике желательно после изготовления прокаливать все стержни.

Кристаллы, выращенные в печи Вернейля, всегда несут сильные внутренние напряжения из-за резких перепадов температуры и быстрого охлаждения; для того чтобы этого избежать, в прибор ввели различные усовершенствования. В трехтрубной горелке имеется дополнительная концентрическая кислородная трубка, которая располагается с внешней стороны водородной горелки, что позволяет лучше регулировать пламя, а специальное теплоизоляционное устройство значительно уменьшает перепад температур. Вместо пламени применялись другие источники тепла. В дугообразной горелке использовались два источника тепла: исходящие от одного источники лучи резко фокусировались, чтобы

[1] Для использования в часовых механизмах и в других изделиях камни делают более темными, чем для ювелирных изделий. Темный камень легче обрабатывается и не теряется на бумаге и другой светлой подкладке. На темном камне лучше видна полировка и форма выемок.— *Прим. ред.*

получить интенсивное локальное нагревание, а менее концентрированные лучи второго позволяли уменьшить перепад температуры поперек кристалла. Если такой прибор применяют для выращивания отдельных кристаллов из смесей, чувствительных к химическому пламени обычной горелки, то используют высокочастотную индукционную плазменную горелку, которая позволяет подобрать подходящий газовый состав: либо более или менее кислый, либо нейтральный. Это дает пламя с низкой скоростью подачи газа и сравнительно большим поперечным сечением; оптимальный размер зерен исходного материала может быть значительно больше, чем тот, что требуется в классическом устройстве; при этом можно добиться очень высоких температур. В модификации прибора, предложенной компанией «Линде», выращивали кристаллы в форме диска вместо обычной булки или стержня. Рост происходил на расположенном горизонтально стержне, который быстро вращался вокруг своей оси и, опускаясь вниз, выводился из пламени; таким образом формировался диск, на краях которого условия роста были почти изотермическими. Большая часть этих усовершенствований была введена при попытках получить более правильные кристаллы для научных целей; в производстве синтетических драгоценных камней их обычно не применяют.

Кроме того, искусственный корунд был получен путем выращивания из раствора — как из расплава с добавлением флюса, так и из гидротермального раствора. При получении корунда из расплава с добавлением флюса, что практикуется в лабораториях компании «Белл телефон», флюс, состоящий из окиси свинца и окиси бора, соединяют с глиноземом в платиновом тигле, который раскачивается относительно вертикальной оси, до тех пор пока не нагреется в электрической печи до 1300°С. За несколько часов образуется однородная смесь, затем в течение нескольких дней температура постепенно понижается, и в более холодной нижней части тигля кристаллизуется корунд. Кристаллы достигают нескольких дюймов в поперечнике, их можно отделить от смеси, растворив флюс в азотной кислоте. Если к смеси добавить Cr_2O_3, получится рубин; можно изготовить также сапфиры различных оттенков.

Гидротермальный синтез корунда, осуществленный в 1958 г., проводился по методу, уже опробированному при искусственном изготовлении кварца. Сосуд высокого давления представляет собой стальной автоклав, способный выдержать давление около 3,5 т/см^2; в качестве облицовки на контакте с горячим раствором используют серебро или платину. Исходное вещество, гидроокись или окись алюминия, помещают на дно автоклава с нормальным раствором карбоната натрия или рубидия. В качестве затравки, которую подвешивают в верхней части сосуда, можно использовать либо натуральные, либо синтетические кристаллы. Во вре-

мя нагревания с помощью элетричества в этой части автоклава поддерживается более низкая температура, чем на дне, так что циркулирующие конвекционные потоки переносят насыщенный щелочной раствор вверх, где на затравке осаждается окись алюминия. Добавка к исходному веществу хромата натрия или бихромата калия позволяет получить кристаллы красивого рубинового цвета; при таком способе можно изготовить кристаллы более разнообразных оттенков, чем при плавлении в пламени горелки. Если затравкой служил кристалл натурального рубина, под микроскопом удается обнаружить различия между природными включениями в затравке и мельчайшими пузырьками воздуха в нарастающем на нее искусственном слое. Ни метод плавления с добавкой флюса, ни гидротермальное выращивание (которое происходит очень медленно) все еще не находят широкого применения в производстве драгоценных камней; почти все камни получают, пользуясь классическим методом Вернейля.

в. Синтетическая шпинель

После того как были получены голубые камни, окрашенные с помощью кобальта (о них упоминалось в предыдущем разделе), были продолжены опыты по искусственной кристаллизации шпинели.

Из порошка, представляющего собой смесь чистых окислов магния и алюминия, изготовляют бесцветные бульки, которые при огранке дают прекрасные прозрачные камни. Эти камни были так красивы, что под влиянием первого впечатления их можно было принять за искусственные алмазы. Самой большой известностью из множества окрашенных разновидностей пользуется голубая шпинель. Удалось получить все оттенки этого цвета, в том числе популярный цирконово-голубой, и именно камни с такими оттенками пользовались наибольшим спросом, поскольку напоминали аквамарин и даже сапфир, а также циркон. Однако все эти окрашенные кобальтом разновидности шпинели легко распознать по красноватому оттенку, если смотреть на них через фильтр Челси.

Добавляя окись хрома в различных пропорциях, можно получить разные оттенки красного и розового цвета, точно так же, как и для корунда; однако, если повысить температуру пламени, образуется зеленая булька. Фактически удалось добиться такого же разнообразия оттенков, как и для синтетического корунда.

Непредвиденным открытием при синтезе шпинели было установление того факта, что окись алюминия может соединяться с окисью магния в значительно больших пропорциях, чем это требует эквимолекулярное отношение, без какого бы то ни было за-

метного изменения структуры кристалла. Действительно, известно, что состав искусственных шпинелей отличается от нормального ($MgO \cdot Al_2O_3$ — $MgO \cdot 5Al_2O_3$)[1], хотя камни, которые поступают на рынок, по составу приближаются к $MgO \cdot 2Al_2O_3$. Эти последние обычно имеют удельный вес 3,63, меняющийся в пределах от 3,62 до 3,65, и показатель преломления 1,727, колеблющийся от 1,725 до 1,730. Эти значения заметно выше, чем для обычных природных камней.

Красную шпинель нужной окраски удалось получить лишь недавно, и интересно, что состав этих синтетических камней действительно отвечает эквимолекулярному отношению. Более того, их удельный вес, изменяющийся от 3,579 до 3,598, и показатель преломления, колеблющийся от 1,719 до 1,720, находятся в пределах величин, характерных для природных шпинелей. Однако их окраска больше похожа на цвет рубина, чем на цвет натуральной шпинели, а распознать их можно по свойственной им флюоресценции.

В искусственных камнях почти всегда наблюдаются оптические аномалии, двупреломление, видное при скрещенных николях, и даже слабая отрицательная одноосная интерференционная фигура в сходящемся свете; более того, обнаружены явные признаки того, что показатель преломления изменяется в зависимости от ориентировки кристалла иногда на величину до 0,002.

Голубоватый или серебристый отблеск, похожий на сияние лунного камня, синтетической шпинели можно придать специальной тепловой обработкой; причиной этого, возможно, является развитие системы микротрещин.

Искусственную шпинель глубокого синего цвета, похожую на лазурит (чтобы усилить сходство, в нее иногда добавляют мелкие частицы золота или пирита), изготовляют, очевидно, каким-то другим способом, а не обычным плавлением в пламени горелки Вернейля. Путем плавления с добавкой флюса — фтористого свинца — удалось очень быстро вырастить крупные кристаллы искусственной шпинели разнообразных оттенков: бледно- и темно-голубого, бледно-зеленого, желтого и красного.

г. Синтетический изумруд

Зеленая разновидность берилла, известная как изумруд, является столь привлекательной и вызывает столь большое желание владеть ею, что успешный синтез этой разновидности имел не только научный интерес. Даже скромный успех опытов по перекристаллизации рубинов из обломков природных камней доста-

[1] *F. Rinne*, Neues Jahrb. Min., Abt. A, 1928, vol. 58, p. 43—108.

точно обнадеживал исследователей, проводивших подобные опыты с измельченными бериллами; цвет, который изменялся при нагревании в пламени гремучего газа, восстанавливали предварительной добавкой небольшого количества окиси хрома. Однако эти опыты потерпели неудачу: при плавлении всякий раз образовывалось стекло, а не кристалл; следовательно, было прискорбной ошибкой назвать такие изделия научными изумрудами, поскольку они не были ни изумрудами, ни тем более научными. От истинных изумрудов они отличались, во-первых, по цвету, хотя и зеленому, но цвету листьев, а не настоящего изумруда, и, во-вторых, по физическим свойствам[1] — показателю преломления (1,508—1,527) и удельному весу (2,417—2,489), которые были несколько ниже, чем у кристаллов изумруда. Изготовление бериллового стекла путем плавления обломков берилла в пламени гремучего газа не является новшеством: действительно, оно известно с начала прошлого века[2], но не привлекало внимания ювелиров вплоть до того момента, когда была установлена возможность получения синтетических камней.

Первые успешные опыты по синтезу изумрудов осуществили, по-видимому, Отфель и Перре[3]. Во время долгих и сложных экспериментов по изготовлению различных силикатов бериллия им удалось получить крошечные кристаллы изумрудов. Лучших результатов они добились, поместив смесь бериллия, кремнезема и глинозема (в соответствующих составу берилла пропорциях) под покрытие из димолибдата лития в платиновый тигель, который поставили в автоклав. Температуру, после того как она повысилась до слабого нагрева и поддерживалась на таком уровне 24 часа, повышали почти до 800°С, и на этой точке удерживали в течение 15 дней. Выяснилось, что температура не должна превышать 800°, так как в противном случае вместо берилла образуется силикат бериллия фенакит Be_2SiO_4. В первую стадию соединение лития давало кристаллы в форме октаэдров, затем, по мере увеличения температуры, октаэдры замещались призматическими кристаллами берилла, и наконец, когда все октаэдры исчезали, происходило, как правило, разрастание более крупных призм за счет мелких. В конце опыта массу после остывания измельчали и, растворяя ее в разбавленной соляной кислоте, освобождали кристаллы берилла. Было установлено, что не содержащие включе-

[1] Андерсон и Пейн получили следующие данные: камень, окрашенный хромом,— вес 6,62 карата, зеленый, показатель преломления 1,517, удельный вес 2,493; камень, окрашенный кобальтом,— вес 6,47 карата, голубой, показатель преломления 1,517, удельный вес 2,445. Твердость 7, т. е. немного выше, чем у кварца.

[2] *Clarke*, Schweigger's Journal, 1816, vol. 18, p. 237.

[3] *P. G. Hautefeuille, A. Perrey*, Sur les combinations silicitées de la glucine, Annales de chimie et de physique, 1890, ser. 6, vol. 20, p. 447—480.

ний (насколько это вообще возможно) кристаллы имеют удельный вес 2,67 и состав их точно соответствует формуле берилла. При температуре 750°С кристаллы получались в виде коротких таблитчатых гексагональных призм, а при 800°С они становились более вытянутыми, так что длина их была равна или диаметру, или превышала его в 1,5 раза. Добавка к смеси хрома придавала кристаллам зеленый оттенок, такой же яркий, как и у лучших природных изумрудов; если добавка составляла 0,001 смеси, окись хрома целиком поглощалась кристаллами, а если она достигала 0,003, то большая часть окиси хрома оставалась во вмещающей массе. По форме кристаллы были почти совершенны, хотя и слишком малы для ювелирных целей.

В 1911 г. к экспериментам, которые начались с повторения опытов Отфеля и Перре, приступила компания «ИГ Фарбениндустри» в Биттерфельде; первые отдельные кристаллы синтетических изумрудов, пригодные для огранки, удалось получить почти через 20 лет; они были выпущены в продажу под фирменным названием «игмеральд». В то время никаких подробных сообщений об этом опубликовано не было, но в 1942 г. производство камней прекратили, и тогда появилось описание процесса. Кристаллы выращивали из расплава BeO, Al_2O_3 и SiO_2, добавляя в качестве флюса кислый молибдат лития, в платиновом тигле, который нагревался с помощью электричества. Выяснилось, что необходимым условием является отсутствие пересыщения смеси, которое наступало тогда, когда все три компонента распределялись равномерно, в результате чего образовывались только мелкие кристаллы. Поэтому кремнезем подавали в виде измельченного кварца, помещая его на платиновой сетке на небольшом расстоянии от дна сосуда. Воспроизведение истинного изумрудного цвета столкнулось с некоторыми затруднениями (добавка Cr_2O_3 давала голубовато-зеленый оттенок), но в конце концов удалось получить друзу кристаллов с такой же превосходной окраской, как у лучших природных изумрудов, и достаточно больших для того, чтобы после огранки дать камни весом по меньшей мере в один карат. У игмеральда отчетливо проявилась более яркая флюоресценция в ультрафиолетовом свете, чем у природных изумрудов. Кроме того, было установлено, что показатель преломления, двупреломление и удельный вес синтетических изумрудов ниже самых низких значений, наблюдаемых у природных изумрудов (см. таблицу).

Почти одновременно с опытами, проводившимися «Фарбениндустри», Кэррол Ф. Чэтем начал эксперименты в научно-исследовательской лаборатории близ Сан-Франциско. Первый искусственный изумруд весом в один карат он вырастил в 1935 г., а с 1940 г. был налажен выпуск промышленной продукции. Необработанный кристалл весом 1014 каратов был подарен Смитсонов-

Таблица

Физические свойства изумрудов

	Удельный вес	Светопреломление		Двупреломление
		обыкновенный луч	необыкновенный луч	
Синтетические камни				
Игмеральд	2, 65—2,66	1,563—1,566	1,559—1,562	0,003—0,004
Чэтем	2,645—2,665	1,563—1,565	1,560—1,562	0,003—0,004
Церфасс	2,655—2,660	1,561—1,562	1,555—1,558	0,003—0,006
Гильсон	2, 65—2,69	1,562—1,567	1,557—1,564	0,003—0,005
Линде	2, 67—2,69	1,571—1,578	1,566—1,572	0,005—0,007
Лехлейтнер	2,676—2,713	1,570—1,590	1,566—1,583	0,004—0,007
Натуральные камни				
Бразилия	2,67—2,70	1,571—1,573	1,566—1,568	0,005—0,006
Чивор	2,68—2,69	1,575—1,577	1,565—1,571	0,005—0,006
Пуна	2,69	1,578	1,573	0,005
Мусо	2,69—2,71	1,584	1,578	0,005—0,006
Урал	2,70—2,74	1,579—1,582	1,573—1,575	0,005—0,007
Хабахталь	2,74	1,589—1,591	1,583—1,584	0,007
Айдсфоль	2,68—2,76	1,591	1,584	0,007
Трансвааль	2,72—2,77	1,587—1,593	1,580—1,586	0,007
Индия	2,73—2,74	1,592—1,593	1,585—1,586	0,007
Пакистан	2,74—2,77	1,595—1,598	1,588—1,590	0,007—0,008
Зимбабве	2,74—2,77	1,588—1,595	1,581—1,588	0,007
Аквамарин и желтый берилл	2,68—2,75	1,580—1,586	1,570—1,575	0,005—0,006
Морганит	2,78—2,90	1,588—1,599	1,580—1,588	0,008—0,011

скому институту для коллекции драгоценных камней, а другой, весом 1275 каратов,— Гарвардскому музею. Подробности о процессе изготовления таких камней держали в строгом секрете; стало известно лишь о том, что кристаллизация происходит медленно. Некоторое время думали, что это гидротермальный синтез, но теперь считают, что кристаллы выращивают из расплава. Внешний вид скоплений кристаллов, неподвижно прикрепленных к корке, свидетельствует о том, что затравки не используются. Показатели преломления, двупреломление и удельный вес, как и у игмеральда, ниже, чем у природных кристаллов. У синтетических камней наблюдается интенсивная красная окраска, если смотреть на них через фильтр Челси или через скрещенные фильтры, и огненно-красный цвет в ультрафиолетовых лучах.

В 1963 г. на европейском рынке появились два новых искусственных изумруда: один изготовил В. Церфасс из города Идар-Оберштейн, ФРГ, а другой П. Гильсон из города Па-де-Кале во

Франции. Как и в случае с камнями Чэтема, о производственном процессе можно было лишь строить догадки, и сначала предполагали, что оба изумруда были выращены гидротермальным способом (это определенно проскальзывало в литературе, касающейся изумрудов Гильсона). Однако сравнение свойств игмеральда, изумрудов Чэтема, Церфасса и Гильсона между собой и со свойствами камней, полученных недавно компанией «Линде»[1] путем кристаллизации из расплава с добавкой безводного молибдата лития, неоспоримо свидетельствует о том, что все эти камни изготовлены методом плавления с флюсом. Всем им свойственны в общем низкие константы, которые отличают их от натуральных изумрудов. Кроме того, под микроскопом с небольшим увеличением или под сильной лупой в них наблюдаются характерные вуалеподобные образования (фото 14), состоящие из включений флюса, часто с пузырьками газа. Показатель преломления флюса (или стекловатого, или кристаллического) выше, чем показатель преломления вмещающего кристалла. Синтетический изумруд получили также гидротермальным способом. Считают, что этот процесс использовал Э. Наккен во Франкфурте приблизительно в 1928 г., хотя по некоторым характеристикам изготовленные им камни похожи на игмеральд и другие искусственные изумруды, полученные, как полагают, методом плавления с флюсом. В 1960 г. И. Лехлейтнер из Инсбрука, Австрия, получил, по-видимому, первые сложные бериллы с синтетическим покрытием. Эти камни состояли из ограненных кусочков бесцветного или слабоокрашенного берилла, на которых гидротермальным путем закономерно наращивалась оболочка из синтетического изумруда. Для них было предложено название «эмерит», в дальнейшем замененное названием «симеральд». Показатели преломления (1,575—1,581), двупреломление (0,005—0,006) и удельный вес (2,68—2,71) их были выше, чем у других искусственных изумрудов, и находились в тех же пределах, что и у природных кристаллов. Жидкие включения в таких гидротермальных кристаллах, как вышеописанные, имеют низкий показатель преломления, близкий к показателю преломления воды. Среди полученных позже разновидностей были такие, в которых изумрудная оболочка до полировки защищалась дополнительным покрытием из берилла. Кристаллы более глубокого цвета изготавливали следующим образом: слой изумруда заключали между слоями берилла, а затем камень покрывали еще одной оболочкой изумруда; синтетические кристаллы получали на удаляемой потом затравке из натурального кристалла в результате многократного наращивания оболочками искусст-

[1] *E. M. Flanigen, D. W. Breck, N. R. Mumbach, A. M. Taylor*, Characteristics of synthetic emeralds, American Mineralogist, 1967, vol. 52, p. 744—772.

венного вещества. Сложное строение всех этих камней можно обнаружить при тщательном изучении их под десятикратной лупой или под микроскопом, рассматривая главным образом кристалл, положенный на ребро, параллельно табличной грани.

Недавно компания «Линде» изготовила гидротермальным способом искусственный изумруд высокого качества. Выращивание производилось в несколько этапов, и затравку можно было удалить. Чтобы обеспечить быстрый рост кристалла, зародышевые пластинки вырезают под углом к оптической оси. Оптические константы (ω=1,571—1,578, ε=1,566—1,572, двупреломление 0,005—0,006) и удельный вес (2,67—2,69) находятся в тех же пределах, что и величины, характерные для натуральных изумрудов; удалось добиться и превосходного цвета, и высоких оптических качеств синтетических изумрудов. Характерным их свойством является интенсивная красная флюоресценция.

Небольшое количество синтетических бериллов, окрашенных ванадием (без примеси хрома) в яркий травяно-зеленый цвет, было получено гидротермальным способом компанией «Кристалл ризеч» из Мельбурна, Австралия. Константы этих бериллов почти совпадают с константами кристаллов, полученных компанией «Линде», но в спектре поглощения имеются характерные отличия от природных изумрудов: в красной части спектра отсутствуют тонкие линии хрома. В СССР и Австралии были изготовлены другие окрашенные «фальшивые» бериллы, в том числе светло-зеленые (Ni), серовато-зеленые (Mn), светло-голубые (Cu), темно-голубые (Fe), розовато-коричневые (Co).

Утверждения, что изумруд был синтезирован путем непосредственного нагревания берилла в пламени горелки при атмосферном давлении, следует рассматривать с некоторым недоверием, так как считают, что берилл плавится инконгруэнтно (как это недавно подтвердилось) [1]; однако в последнее время появилось сообщение о кристаллизации порошка берилла с образованием отдельных кристаллов при высоких температурах и давлениях.

Чтобы определить, какое происхождение — природное или искусственное — имеет изумруд, вначале нужно тщательно исследовать его под лупой с десятикратным увеличением или под микроскопом и установить, есть ли в нем включения. Три испытания, описанные ниже, в прошлом имели важное значение для проверки происхождения изумрудов. В то время как удельный вес и оптические константы природных изумрудов изменяются в зависимости от характера и количества примесей, в физических свойствах синтетических камней наблюдается замечательное постоянство, благодаря тому что их изготавливают из чистых ве-

[1] *R. P. Miller, R. A. Mercer*, The high-temperature behaviour of beryl melts and glasses, Mineralogical Magazine, 1965, vol. 35, p. 250—276.

ществ. Для того чтобы проверить удельный вес, нужно приготовить тяжелую жидкость, например разбавив бромоформ так, чтобы в нем плавал кусочек кварца. В такой жидкости все природные изумруды утонут, а старые искусственные камни всплывут.

Другим испытанием, которое легко осуществить, является погружение камней в иммерсионную жидкость с показателем преломления $n_D=1{,}57$; для этого обычно используют бензоат бензила. Показатель преломления более старых синтетических камней ниже этого значения, а природных изумрудов — выше.

Наконец, третьим испытанием является проверка флюоресценции при помощи фильтра Челси, скрещенных фильтров или ультрафиолетовой лампы. Более ранние синтетические камни обладают резкой, а некоторые более поздние — чрезвычайно резкой флюоресценцией по сравнению с натуральными изумрудами (у некоторых природных камней она вообще отсутствует).

Однако недавно полученные камни отчасти затемняют эту картину. Показатели преломления, двупреломление и удельный вес некоторых искусственных изумрудов, полученных в самое последнее время (особенно разностей, выращенных гидротермально), укладываются в пределы значений, свойственных натуральным изумрудам. Резкую флюоресценцию фактически удалось устранить добавкой железа (которое можно обнаружить в спектре по четким полосам 4270 Å [1]). Эти три испытания все еще применяют, но ведущее значение приобретает исследование включений.

д. Синтетический кварц

Кварц представляет собой модификацию кристаллического кремнезема, устойчивую при температурах ниже 870°C. При 573°C структура кварца, устойчивого при обычных температурах (низкотемпературный, или α-кварц), несколько изменяется и переходит в структуру высокотемпературного, или β-кварца. При 870°C кварц, значительно изменяясь в объеме, превращается в тридимит, который при 1470°C в свою очередь переходит в кристобалит. Таким образом, кварц может образоваться при сравнительно низких температурах, и его синтез не вызывает больших затруднений. Например, Отфейль получил кварц, воздействуя кремнефтористоводородной кислотой H_2SiF_6 на студенистый кремнезем в герметически закупоренной платиновой трубке при температуре 200°C.

В промышленности кварц получают гидротермально в стальных автоклавах, облицованных изнутри серебром или платиной, как при синтезе корунда. Используется температура около 400°C и давление в несколько тысяч атмосфер. В настоящее время можно вырастить крупные и безупречные кристаллы, но как драгоценные

[1] *B. W. Anderson*, The Journal of Gemmology, 1969, vol. II, p. 304.

камни они не применяются; для потребностей ювелирной промышленности достаточно природных камней. Поэтому маловероятно, что синтетический кварц будет часто встречаться в ювелирных изделиях. Однако искусственный кварц применяют для других целей; в частности, пьезоэлектрические свойства кварца широко используются в радио- и часовой промышленности, но природные кристаллы для этих целей часто оказываются непригодными из-за скрытого двойникования, которое трудно обнаружить. Следовательно, чтобы удовлетворить потребности этих отраслей промышленности, необходимо выращивать такие кристаллы искусственно.

Были предприняты попытки придать окраску синтетическому кварцу; известна голубая его разновидность, окрашенная кобальтом; считают, что она была получена в СССР. С некоторых пор стало известно, что загрязнение железом от автоклава придает кварцу зеленый, желтый или коричневый оттенок. Это интересно с точки зрения изготовления искусственного аметиста, что недавно удалось осуществить двум советским физикам. Считают, что характерный фиолетовый цвет натурального аметиста обусловлен молекулярными цветовыми центрами, которые образуются в кварце, содержащем атомы железа, под действием облучения. Однако сомнительно, что рыночная стоимость даже такой разновидности кварца, как аметист, оправдает затраты на его искусственное изготовление.

е. Синтетический рутил

Успешный синтез рутила, одной из структурных модификаций природной окиси титана TiO_2, привел к тому, что в 1948 г. на ювелирном рынке появились искусственные камни под названием «титания». С тех пор как из синтетических камней удалось удалить железо, которое, почти всегда присутствуя, придает природным минералам темный цвет, эти камни стали значительно светлее. Кристаллы (с точкой плавления 1825°С) были выращены в пламени горелки Вернейля; при этом использовалось устройство из трех трубок с внешней подачей кислорода. Кроме того, крупные кристаллы вырастили при помощи высокочастотной плазменной горелки. Только что изготовленные, они имеют почти черный цвет, но после прокаливания в кислороде эти кристаллы пропускают такой широкий участок спектра, что становятся почти бесцветными. Показатель преломления обыкновенного луча (в натровом свете) равен 2,62, необыкновенного — 2,90, дисперсия в интервале $B - G$ равна 0,28. Эти необычно высокие значения создают игру света, превосходящую огонь алмаза, и ограненный синтетический рутил представляет собой изумительно красивый камень. Однако твердость его достигает всего лишь $6{,}5_1$ и эти камни всегда имеют

желтоватый оттенок (спрос на окрашенные разновидности, в которых плохо видна сильная дисперсия, невелик). Синтетическое вещество всегда обнаруживает доказательства своего происхождения, а именно включения в виде газовых пузырьков.

ж. Периклаз

Периклаз MgO — это минерал, который образуется в магнезиальных известняках как продукт термального метаморфизма. Он бесцветен, если не содержит примесей, изотропен, имеет показатель преломления 1,735, удельный вес 3,56—3,68 и твердость 5—6; эти свойства периклаза позволяют надеяться, что его можно использовать в качестве драгоценного камня (более низкие значения твердости, которые приводятся в последних минералогических справочниках, вероятно, ошибочны). Природные кристаллы обычно невелики и не совсем бесцветны, но в лаборатории при помощи горелки Вернейля (точка плавления периклаза 2800°C; для такой температуры удобна высокочастотная плазменная горелка) удалось вырастить кристаллы ювелирного качества. Эти камни поступили в продажу под названием «лаверинт».

з. Синтетические камни, не имеющие природных аналогов

В течение последнего десятилетия ученые в процессе исследований в области физики твердого тела вырастили отдельные кристаллы многих веществ, которые не встречаются среди природных минералов. Некоторые из них применяются или могут применяться как чисто синтетические драгоценные камни; здесь мы приведем несколько примеров [1].

1. Титанат стронция

Это вещество с химическим составом $SrTiO_3$, которое вырастили в приборе Вернейля, по своей структуре и форме кристаллов относится к той же группе, что и минерал перовскит $CaTiO_3$. Оно имеет кубическую структуру и, следовательно, изотропно. Показатель преломления для натрового света равен 2,410, дисперсия в интервале $B - G$ 0,19 (почти в четыре раза выше, чем у алмаза); при этом вещество почти бесцветно. Удельный вес около 5,1, но твердость всего лишь 6. Сначала этот минерал предложили наз-

[1] Подробнее см. *R. Webster*, Modern synthetic gemstones, The Journal of Gemmology, 1970, vol. 12, p. 101—148.

вать старилианом, теперь он известен как фабулит, или диагем. Его свойства вызывали соблазн использовать фабулит с бриллиантовой огранкой как фальшивый бриллиант, хотя удельный вес (у алмаза 3,52) позволяет легко отличить камень без оправы. Из-за довольно низкой твердости фабулит не используют в качестве камня для перстней, серег и брошей. Кристаллы фабулита не флюоресцируют в ультрафиолетовом свете и для рентгеновских лучей менее прозрачны, чем алмаз.

2. Ниобат лития

Свойства этого соединения с химическим составом $LiNbO_3$ достаточно близки к свойствам фабулита. Однако это вещество не изотропное, а одноосное (тригональное) с показателями преломления $\omega=2{,}30$, $\varepsilon=2{,}21$ и дисперсией в интервале $B - G$ 0,120 (примерно в три раза выше, чем у алмаза). Удельный вес его 4,64, твердость 5,5. Это вещество можно вырастить бесцветным или, добавив присадки, любого цвета — от красного до фиолетового. Ниобат лития поступил на ювелирный рынок в Америке под названием «линобат».

3. Вещества с гранатоподобной структурой

Еще одна группа соединений, синтезированных физиками, имеет общую формулу $X_3Al_5O_{12}$. По структуре они похожи на гранаты, для которых общую формулу можно записать как $X_3Y_2Si_3O_{12}$, и в литературе широко известны как «гранаты», что, конечно, неверно, поскольку эти соединения не являются силикатами. Изготавливают их путем плавления в пламени горелки или по методу Чохральского. В последнем случае кристалл-затравку, подвешенную над расплавом, опускают до тех пор, пока она не коснется поверхности расплава, а затем поднимают, одновременно вращая ее. Таким образом довольно быстро растет крупный более или менее цилиндрический кристалл; этот процесс называют вытягиванием из расплава.

В настоящее время из таких соединений наибольший интерес представляет иттриево-алюминиевый «гранат» (ИАГ), или «даймонэр». Эти «гранаты» можно изготовить бесцветными или, добавляя различные примеси, придать им различный цвет. Например, хром придает камням привлекательную зеленую окраску, и они становятся похожими на демантоид. Однако удельный вес этого соединения (4,60) значительно выше, чем у демантоида. В некоторые из описываемых камней в виде примесей добавлялись редкоземельные элементы, в результате чего они приобрели удивительные оттенки.

и. Общие замечания

Основной вывод, который можно сделать, хотя, как известно, пророчествовать опасно, заключается в следующем: пока невозможно искусственно изготовить драгоценные камни, неотличимые от природных, и всегда будет существовать некоторое различие между искусственными и соответствующими природными веществами, различие, которое, возможно, не будет очень заметным, но позволит опытному глазу с уверенностью отличить искусственные камни от «настоящих». Пристальное внимание сейчас следует обратить на все разновидности корунда и шпинели, и особенно на изумруд.

В то время, когда так называемый восстановленный рубин был новинкой и его не так легко было распознать, за него просили до 6 фунтов за карат, но как только стало известно, что эти камни легко отличить от натуральных, цены на них резко упали сначала до 1,5 фунтов, а затем до 25 пенсов и даже до 5 пенсов за карат; цены на сапфиры, когда их впервые удалось получить искусственно (восстановленные сапфиры в продажу никогда не поступали), были немного выше — от 10 до 35 пенсов за карат. Цены на соответствующие природные камни сначала упали, но как только стало ясно, что синтетическое вещество всегда можно отличить от натурального, они поднялись до прежнего уровня. Резкое несоответствие между ценами на природные и искусственные драгоценные камни представляет огромный соблазн для мошенников, и покупателям следует смотреть, где и у кого они покупают, и остерегаться приобретений, которые кажутся необыкновенно удачными, особенно в таких местах, как Коломбо и Сингапур, кишащих туристами. Ни для кого не тайна, что на Восток ежегодно вывозится несколько тысяч каратов искусственных драгоценных камней, поэтому caveat emptor! — пусть покупатель будет бдительным!

Такое несоответствие в ценах на камни, которые, по сути, представляют собой одно и то же вещество и внешне мало различаются, в высшей степени нелогично и необъяснимо. Непосредственная причина, хотя она далеко не все объясняет, заключается в том, что драгоценные камни — это предметы роскоши, а не первой необходимости, и сверх их минимальной стоимости, которая определяется затратами на труд вместе с соответствующими отчислениями на покрытие накладных расходов и умеренную прибыль, цена представляет собой только то, что широкая публика готова заплатить. Синтетические камни получают на многих фабриках во всем мире. Прежде конкуренция была острой, и поэтому издержки на изготовление камней были сведены к минимуму; следовательно, нет причины удивляться тому, что искусственные камни сравнительно дешевы. Но остается нерешенным

более трудный вопрос: почему природные камни должны быть так дороги? Следует ожидать, что цены на природные рубины и сапфиры, добыча которых связана с очень большими трудностями, всегда будут выше, чем цены на синтетические камни, но все же разница чересчур велика. Несомненно то, что, коллекционируя драгоценности, люди отдают предпочтение камням, которые таинственно образовались в глубинах Земли и своей окраской обязаны случайному добавлению вещества, каким-то образом оказавшегося рядом, и мало ценят камни, тщательно изготовленные на фабрике; природные камни они считают чем-то реальным, а искусственные — подделкой.

О подобном продукте органического мира, так называемом выращенном жемчуге, ростом которого тоже управляют, хотя и не в лаборатории, рассказывается в главе, посвященной жемчугу.

15
Имитация камня

Берилловое стекло, о котором упоминалось в предыдущей главе, соответствует как бы переходной стадии между синтетическими и поддельными драгоценными камнями. У синтетических камней физические и химические свойства такие же, как и у соответствующих натуральных камней; такие продукты, как берилловое стекло, имеют химический состав, сходный с составом драгоценных камней, которые они имитируют, но совершенно другие физические свойства; поддельные же камни похожи на настоящие только окраской, а остальные их физические свойства и химический состав не имеют ничего общего со свойствами и составом имитируемых драгоценных камней. Хотя процессы получения синтетических и поддельных камней управляются человеком и поэтому их можно считать искусственными, между ними нет ничего общего.

Имитации камня делают главным образом из стекла, и подделки под драгоценные камни, использовавшиеся в ювелирном деле, изготавливали еще в стекольных мастерских Древнего Египта, а может быть, и раньше. В «Естественной истории» Плиния мы читаем, что имитация хрустальных сосудов изделиями из стекла была доведена до высокой степени совершенства, но на ценность подлинной вещи это никоим образом не влияло [1]. Эта устойчивость цен так много веков назад предвосхитила опыт наших дней: ценность натурального продукта остается неизменной, каким бы ни было искусственное вещество — синтетическим или поддельным.

Стекло представляет собой твердое вещество, которое получают плавлением при высокой температуре одного кислотного окисла, но чаще вместе с основным окислом, после чего расплав охлаждают достаточно быстро, чтобы не допустить образования видимых кристаллов. В качестве кислотного окисла обычно используют кремнезем в виде песка, но его можно отчасти заменить

---

[1] «Сделанные из стекла, эти сосуды замечательно похожи на хрустальные, и все же, как ни удивительно, они только повысили ценность хрустальных, а никак не уменьшили ее» («Mire ad similitudinem accessere vitrea, sed prodigii modo, ut suum pretium auxerint crystalli, non diminuerint»). Плиний, «Естественная история», кн. 37, гл. 2.

окислами бора, мышьяка, сурьмы и фосфора, а в качестве основного окисла берут соду или поташ вместе с известью, жженой магнезией, окисями свинца, бария, цинка, таллия или глиноземом. Так называемое опаловое стекло получают путем добавок плавикового шпата (фтористого кальция), криолита (фторида натрия и алюминия), костной золы (фосфата кальция) или реже окиси олова или циркония.

Как химический состав, так и физические свойства стекла изменяются в очень широких пределах, поскольку стекло представляет собой расплав, а не кристаллическое вещество; поэтому, даже если считать, что в него входят одни и те же определенные компоненты, их пропорции можно менять как угодно, а число возможных компонентов очень велико, о чем только что говорилось. Простое стекло, изготовленное из чистых ингредиентов, должно быть бесцветным, но поскольку используемый песок всегда содержит примесь железа, цвет стекла обычно бывает бутылочно-зеленым. Чтобы избавиться от этого цвета, в расплав добавляют агенты, физически обесцвечивающие стекло, чаще всего соли марганца или мышьяка. Было установлено, что стекло для теплиц, которое в течение многих лет подвергается сильному воздействию солнечных лучей, лучше делать розовато-лиловым, изменяя содержание железа, что соответствует обесцвечиванию, если первоначальный цвет стекла не был нейтрализован.

Окрасить стекло можно при помощи множества окисей металлов, и соответствующий выбор стекла и красящей примеси позволяет получить почти любой мыслимый оттенок. Перечисленные ниже окиси дают следующие цвета: окиси железа — зеленый, коричневый, красный; окиси меди — голубой, красный; окись кобальта — голубой; окись никеля или двуокись магния — пурпурный в калиевом стекле и коричневый в натровом; окись хрома — желтовато-зеленый; окись урана вызывает флюоресценцию и дает зеленый или желтый цвет; двуокись титана — желтый и коричневый. Определенный оттенок зависит не только от количества красящего вещества, но и от характера стекла или условий плавления. Великолепный рубиново-красный цвет получают, добавляя к стеклу тонко измельченное золото; другие красящие вещества, не являющиеся окисями, дают такие цвета: сульфид кадмия — желтый, селен — красный, соли серебра — желтый, углерод — желтовато-коричневый и сера — желтый.

Обычно для имитации драгоценных камней используют два вида стекла:

1. Кронгласс, оконное, или бутылочное, стекло: кремнезем, окислы калия или натрия и известь с окисью железа и окисью титана в качестве красящих примесей. Для слабоокрашенного или бесцветного материала показатель преломления 1,52—1,54, а удельный вес 2,53—2,57; если для окраски добавить большое

количество окиси железа, то эти значения будут намного выше: показатель преломления 1,57—1,59, удельный вес 2,66—2,75.

2. Флинтгласс, или свинцовое стекло: кремнезем (раньше для него использовали толченый кремень — флинт, отсюда и название стекла), окислы калия или натрия, окись свинца. У материала, который обычно применяют для поддельных камней, показатель преломления колеблется в пределах от 1,58 до 1,68, а удельный вес равен 3,15—4,15. Можно изготовить свинцовое стекло с низким показателем преломления 1,52, удельный вес его будет 2,70; в оптике применяется гораздо более плотное стекло, но стекло этого вида очень мягкое и, следовательно, не годится для украшений. Для имитации бриллианта иногда используют свинцовое стекло такого состава: 38,2% кремнезема, 53,3% окиси свинца, 7,8% карбоната калия и небольшое количество других веществ. Этот состав дает верхний предел приведенных значений показателя преломления и удельного веса. Такой материал прежде называли стразом; это название, как говорят, произошло от фамилии Йозефа Штрасера, который первым применил подобное стекло, но сейчас термин устарел.

На основе этих двух групп можно изготовить другие типы стекла, частично или полностью заменяя входящие в них компоненты. Так, если часть кремнезема в кронглассе заменить окисью бора, получится боросиликатное стекло, а если часть кремнезема заменить окисью фосфора или фтора,— фосфорное или фтористое стекло. Кроме того, известь в кронглассе можно заменить окисью бария или цинка и получить в результате бариевое или цинковое стекло; а если в свинцовом стекле окись свинца заменить окисью бария или титана, получится бариевый или титановый флинтгласс.

Боросиликатное стекло имеет показатель преломления около 1,50 и удельный вес около 2,36. Для титанового стекла эти значения равны 1,47—1,49 и 2,40—2,52, а для опалового стекла — 1,44—1,46 и 2,07—2,15 соответственно. Фиолетовое бариевое стекло, которое в последнее время стали изготавливать для имитации аметиста, имеет показатель преломления 1,542 и удельный вес 2,80.

Дешевую стеклянную бижутерию делают либо из кронгласса, либо из флинтгласса с показателями преломления 1,53—1,63. Добавка свинца увеличивает преломление и дисперсию, и эти камни, пока они новые, очень красивы, если их правильно огранить; плохо лишь то, что они очень мягкие и царапаются даже оконным стеклом. При трении во время носки они быстро теряют свою полировку; кроме того, они чувствительны к воздействию сернистых окислов, содержащихся в дымной атмосфере городов, и поэтому со временем приобретают неприглядный коричневый оттенок. Так как обычное стекло (страз) не обладает достаточно высоким

преломлением для того, чтобы можно было получить удовлетворительные результаты при бриллиантовой огранке, основание таких камней часто покрывают слоем ртутной амальгамы или, как это делали в старых ювелирных изделиях, в оправу вкладывают фольгу, чтобы свет отражался в камне, а не уходил через его основание.

Модные украшения из поддельных камней сделать легко и дешево. Камни отливают в форму, и, следовательно, они не требуют огранки, а любая необходимая полировка из-за их относительной мягкости производится быстро.

Отличить имитации из стекла от драгоценных камней совсем не трудно. Гораздо более низкая твердость позволяет легко распознать страз. Дисперсия света в стекле выше дисперсии в драгоценных камнях, и при испытании стеклянных подделок на рефрактометре едва ли можно увидеть окрашенную тень[1]. Поскольку такие камни являются изотропными, они не обладают дихроизмом, который наблюдается у многих драгоценных камней, а их показатели преломления и удельный вес редко даже приблизительно совпадают с соответствующими характеристиками имитируемых натуральных камней.

Группы стекла

	Показатель преломления	Удельный вес
Флинтгласс (свинцовое стекло)	1,58—1,68	3,15—4,15
Кальциево-железистое стекло	1,57—1,59	2,66—2,75
Кальциевое стекло	1,52—1,54	2,53—2,57
Боросиликатное стекло	1,50	2,36
Титаново-железистое стекло	1,47—1,49	2,40—2,52
Опаловое стекло	1,44—1,46	2,07—2,15

Следует отметить, что показатели преломления кронгласса (кальциевого и кальциево-железистого) и флинтгласса частично совпадают, хотя показатели преломления первого в целом ниже, но более высокий удельный вес флинтгласса позволяет безошибочно определить тип стекла[2].

[1] Если n и n' — показатели преломления страза и тяжелого стекла рефрактометра соответственно, то при полном внутреннем отражении $n = n' \sin i$, где i — угол полного внутреннего отражения. Различные значения дисперсии связаны уравнением $\frac{dn}{n} - \frac{dn'}{n'} = \frac{n'}{n} \cos i \cdot di$, и если относительные дисперсии $\frac{dn}{n}$ и $\frac{dn'}{n'}$ равны, то $di = 0$ и край наблюдаемого в рефрактометре темного поля не будет окрашенным.

[2] Читатели, интересующиеся стеклом и способами его распознавания, могут обратиться к следующей статье: *F. A. Bannister*, A relation between

С точки зрения ювелиров сорт стекла, имитирующего камни, имеет существенное значение.

Для того чтобы камни в оправе по твердости не отличались от настоящих, изготавливают различные типы сложных камней. Дублет состоит из двух разных веществ: верхняя часть (коронка) — из кварца или другого дешевого природного минерала, а основание (павильон) — из окрашенного стекла. Следует помнить, что весь свет, попадающий на вершину камня, должен пересечь павильон вблизи колеты, тогда камень с поверхности будет иметь точно такой же цвет, как и его основание; только глядя через коронку сбоку, можно обнаружить, что она не окрашена. Когда подделку, скажем сапфира, хотят сделать более похожей на природный камень, коронку вырезают из настоящего сапфира, но недостаточно хорошо окрашенного, обеспечивая нужный оттенок окраской страза, из которого изготавливают павильон дублета. В настоящее время дублеты чаще всего состоят из тонкой пластинки альмандина, образующей табличку, и приваренного к ней павильона из стекла цвета рубина, сапфира или изумруда. Показатель преломления альмандина равен обычно 1,79; под микроскопом в нем часто заметны характерные пересекающиеся включения в виде игл, а в месте соединения со стеклом виден слой пузырьков.

Для тех случаев, когда на твердость проверяется и основание камня, изобрели триплет. При этом павильон тоже делают из настоящего камня, а нужного цвета добиваются, окрашивая тонкую пластинку, скрытую в оправе. Камни, например сапфиры и изумруды, посредственной окраски иногда разрезают по экваториальной плоскости (плоскости рундиста) и внутреннюю поверхность полируют; красящее вещество закрепляют при помощи цемента, которым склеивают две части камня. В недавно представленном сложном камне такого типа, получившем название «смарилл», коронка и павильон вырезаны из слабо окрашенного или низкосортного берилла или изумруда, а необходимая глубина цвета придается изумрудно-зеленым цементом из твердой пасты. В так называемом émeraude soudée (спаянном изумруде) коронку и основание из горного хрусталя соединяют прозрачным зеленым цементом, чтобы имитировать подлинный изумруд; места соединений в таких камнях теперь заделывают, по-видимому, путем спекания. В другой разновидности, soudée sur spinelle (пáйке на шпинели), горный хрусталь заменяют синтетической шпинелью. Все подобные имитации легко распознать, поместив камень в масло, что позволяет без труда рассмотреть его внутреннюю часть и увидеть поверхности, разделяющие разные элементы сложного камня. Склеенные камни могут распасться на куски, если погрузить их

the density and refractive index of silicate glasses, with application to the determination of imitation gemstones, Mineralogical Magazine, 1929, vol. XXII, p. 136—154.

в соответствующий растворитель, например в кипящую воду, спирт или хлороформ; однако спекшиеся камни такими растворителями не выявляются. В последние годы достижения в производстве синтетических камней высокого качества значительно уменьшили потребность в сложных камнях.

Стеклоподобные пасты, особенно метакрилат и аминопласт, дают чистое прозрачное вещество, бесцветное или разных приятных оттенков. Поскольку их легче отливать в форму, чем стекло, ребра камней получаются гораздо более острыми. Спутать их с драгоценными камнями или даже со стеклом, если они без оправы, невозможно, так как их удельный вес настолько мал (чуть выше 1,20), что достаточно просто взять их в руки, чтобы определить их природу. Если они в оправе, нужно определить их показатель преломления, который у них ниже, чем у любого драгоценного камня, на который они похожи по цвету. Кроме того, они очень мягкие — твердость их по шкале Мооса равна только ~2,5, и, обладая гораздо меньшей теплопроводностью, чем драгоценные камни, они кажутся теплыми, если до них дотронуться.

Конечно, подделывать непрозрачные самоцветы, такие, как халцедон, бирюза, лазурит и нефрит, не так соблазнительно, поскольку стоимость подлинных камней сравнительно невелика и возможность получить денежную прибыль соответственно ограничена. Тем не менее эти самоцветы имитируют, и можно встретить подделки. Моховые агаты имитируют путем химического выращивания дендритов между стеклянными пластинками. Опаловые дублеты обычно состоят из тонкого куска благородного опала, который наклеивают на основание из обыкновенного опала или стекла. Опаловый триплет может иметь покров из горного хрусталя. За бирюзу выдают пятнистый голубой говлит, боро-кальциевый силикат, и дублет из халцедона и стекла. Несколько лет назад из Китая завезли тщательно изготовленные триплеты с окрашенным жадеитовым ядром, создающие впечатление хороших зеленых кабошонов. После специальной тепловой обработки синтетическая шпинель приобретает блеск, подобный блеску лунного камня. Поддельный жемчуг рассматривается в главе о жемчуге.

16

Образование и географическое распространение драгоценных камней

В начале этой книги сказано, что красота — одно из трех главных достоинств совершенного драгоценного камня. Именно красоту всегда замечают первой, и, разумеется, ее можно считать главным из трех качеств, так как красота, обусловленная цветом или прозрачностью камня или сочетанием этих свойств, притягивает взгляд человека к камню. Эти качества тесно связаны со структурой камня; следовательно, драгоценные камни (за исключением таких, как опал и бирюза, которые ценятся как поделочные камни) представляют собой самые прекрасные образцы кристаллов, на какие только способна природа. Наиболее крупный источник больших кристаллов — это различные *изверженные горные породы*, слагающие земную кору. Эти породы образовались в результате кристаллизации расплавленной магмы, которая поднималась с больших глубин и застывала на поверхности земли или близ нее; при этом интервал температур колебался от 950 до 450°С. Примером такой кристаллизации может служить кристаллизация лавы, изливающейся из жерл вулканов в настоящее время. Но поскольку лава у поверхности застывает быстро, породы в основном оказываются тонкозернистыми и поэтому едва ли могут быть источником желанного драгоценного материала. Действительно, в отдельных случаях лава остывает настолько быстро, что затвердевает без кристаллизации, образуя природное вулканическое стекло — обсидиан. Более вероятны находки драгоценных камней в изверженных породах, сформировавшихся на больших глубинах в земной коре либо в виде крупных глубинных масс, либо в виде ветвящихся и прямолинейных жил (даек), отходящих от этих масс по трещинам во вмещающих породах. В этих условиях магма застывает медленнее, так что кристалл успевает вырасти до крупных размеров.

Большая часть магмы, застывающей в коре, близка по составу к самой распространенной вулканической породе — базальту. В ее химическом составе присутствуют (в порядке значимости) кремнезем SiO_2 — около 50%, глинозем Al_2O_3, окислы кальция CaO, магния MgO и железа (FeO и Fe_2O_3). Породы с таким низким содержанием кремнезема (по сравнению с другими типами горных пород) называются основными. Когда начинается кристаллизация такой магмы, первым в значительном количестве выделяется маг-

незиальный оливин. Содержание кремнезема в нем понижено по сравнению с содержанием кремнезема в магме в целом; если кристаллы оливина (перидота) составляют большую часть образовавшейся породы, которая называется соответственно перидотитом, то эта порода будет по составу ультраосновной. Породы такого типа заполняют алмазоносные трубки Южной Африки; вместе с оливином возможна и кристаллизация пиропа — магнезиального граната, также бедного кремнеземом.

Кристаллизация из магмы ультраосновных пород приводит к тому, что остальная часть расплава обогащается кремнием; образующиеся на более поздних стадиях такого процесса магматические породы имеют более кислый состав (т. е. характеризуются более высоким содержанием кремнезема). Содержание кремнезема в расплаве повышенной кислотности (70% или более) таково, что большая его часть кристаллизуется с выделением свободного кремнезема в виде кварца, как, например, в граните [1]. Наряду с повышением содержания кремнезема будет также возрастать концентрация редких компонентов — лития, бериллия, бора и т. д., не принимавших участия в начальных стадиях кристаллизации. Увеличивается также концентрация легколетучих компонентов — фтора, хлора, водорода; они играют существенную роль в понижении вязкости расплава на более поздних стадиях, обеспечивая большую свободу роста крупных кристаллов. Поэтому на заключительной стадии магматической деятельности происходит образование крупнокристаллических *пегматитовых тел*, характеризующихся крупными кристаллами кварца, полевого шпата, слюды. Пегматитовая стадия особенно благоприятна для образования таких драгоценных камней, как турмалин, берилл, топаз и сподумен. Зонально окрашенные кристаллы турмалина, характерные для этого драгоценного камня, показывают, как могут меняться условия во время кристаллизации, оставаясь, однако, все время благоприятными для роста кристаллов.

Добыча драгоценных камней из твердых невыветрелых пород редко выгодна (исключение составляют знаменитые разработки алмазоносных трубок в Южной Африке, которые будут описаны в следующей главе). Именно здесь мы можем убедиться еще в одном преимуществе совершенного драгоценного камня — его стойкости.

[1] Высказанные здесь представления очень устарели. Гранитная магма, содержащая около 4—6% воды, как показали эксперименты, представляет собой самый легкоплавкий состав и выплавляется при температурах 600—650°С. Предполагают, что гранитоиды возникают в области континентов на относительно небольшой глубине в результате избирательного плавления опускающихся сюда глубоко метаморфизованных пород (палангенез). Область образования базальтовых пород располагается глубже в мантии. Ультрабазиты также представляются производными верхней мантии. Различие в происхождении обусловливает геохимические различия. Кроме того, сказывается и богатство гранитной магмы водой.— *Прим. ред.*

Драгоценный материал, находясь в породе, испытывает вместе с ней влияние выветривания и поэтому может быть легко выделен из выветрелой мягкой основной массы горной породы. К тому же, когда порода совершенно разрушается и ее составные части уносятся водой, драгоценный материал вследствие более высокой твердости и большей плотности остается практически неповрежденным и накапливается в руслах древних или современных ручьев и рек. На камнях можно обнаружить окатанные края, шероховатость граней, что связано с продолжительным трением о соседние частички во время переноса водным потоком.

Важным источником драгоценного материала являются такие вторичные отложения, как песок и гравий. В них можно обнаружить не только минералы, отложившиеся в результате размыва первичных изверженных пород, о чем только что рассказывалось, но также и минералы, например сапфир, рубин, шпинель, принесенные из метаморфических пород, описываемых ниже. Из аллювия добывают значительное количество алмазов, но и, кроме этого драгоценного минерала, на продуктивный гравий, вероятно, приходится около половины общего объема добычи драгоценных камней.

Песок и гравий представляют собой разновидности так называемых *осадочных горных пород*. Этим термином называют все породы, образовавшиеся в результате выветривания первичных пород, их переноса и переотложения водными потоками. (Другим примером осадочных пород являются глины и глинистые сланцы, но для нас они не представляют большого интереса.) Кроме нерастворимого материала, который переносится во взвешенном состоянии и откладывается механически, в растворе находятся и растворимые продукты разрушения пород, которые в итоге, кристаллизуясь, осаждаются, образуя химический осадок, например гипс и некоторые виды известняка. Какая-то часть нерастворимого материала может быть переотложена в результате жизнедеятельности живых организмов: при росте кораллов и образовании жемчуга.

С магматической деятельностью связан еще один важный способ образования драгоценного материала. Когда большая масса расплавленной магмы перемещается во вмещающих осадочных породах земной коры, последние разогреваются и претерпевают *контактовый метаморфизм*, при котором большая их часть или все они испытывают перекристаллизацию. Особенно подвержены этому процессу известняки. Драгоценные камни, образующиеся в процессе метаморфизма, такие, как рубин и шпинель, могут полностью состоять из материала, присутствовавшего в первичной породе; рубин представляет собой корунд, образовавшийся из глинистых примесей в известняке; окись магния, входящая в состав шпинели, образуется из первичного доломита, кальций-маг-

ниевого карбоната. Нередко из интрузивного тела во вмещающие породы проникают летучие компоненты, участвующие в образовании новых минералов, например при образовании ляпис-лазури. Летучие компоненты могут взаимодействовать и с самими изверженными породами; при этом оливин переходит в серпентин, а в трещинах и пустотах могут отлагаться такие материалы, как томсонит, опал и агат. Контактовый метаморфизм обычно бывает локальным и приурочен к небольшому пространству вдоль контакта интрузивного тела с окружающими породами, но при некоторых условиях в результате регионального метафорфизма перекристаллизация окружающих пород происходит на гораздо больших площадях. Процесс регионального метаморфизма для нас не столь существен, как контактовый метаморфизм, однако и он может способствовать образованию таких минералов, как нефрит, кианит, ставролит и силлиманит. Многие драгоценные минералы метаморфического происхождения, так же как драгоценные камни первично изверженного происхождения, добывают главным образом из вторичных гравелитов, в которых они сконцентрированы.

Драгоценные камни пользуются достаточно широким распространением [1], однако только в немногих районах возможна их систематическая добыча. О добыче в различных странах опубликованы очень неполные данные, поэтому мы можем привести здесь только самые общие сведения. При систематизации данных с учетом общего объема добычи драгоценных камней господствующее положение займет основной поставщик алмазов в связи с огромной важностью этого камня как в ювелирном деле, так и в промышленности. Поскольку алмазы добывают во многих африканских странах — Конго, Анголе, Гане, ЮАР, Танзании, Сьерра-Леоне,— на долю Африки приходится, вероятно, более 90% мировой добычи драгоценных камней. На втором месте, по-видимому, стоит Южная Америка, поставляющая алмазы из Бразилии и Гайаны, а также изумруды из Колумбии, но возможно, что вклад Азии в мировую добычу практически равен вкладу южноамериканских стран. Быстрый рост добычи алмазов в СССР вскоре может выдвинуть на ведущее место Азию.

Если исключить алмазы и рассматривать менее ценные камни, то первое место, вероятно, будет принадлежать Азии благодаря добыче рубинов и сапфиров в Бирме, Таиланде, на острове Шри Ланка (Цейлон) и в Индии. Ценность янтаря с побережья Балтийского моря, из Румынии и Сицилии определяет позицию Европы; для Южной Америки столь же значительно разнообразие бразильских драгоценных камней. В Северной Америке добывается мно-

[1] См. *Sydney Hobart Ball* (1879—1949), The Geologic and Geographic Occurrence of Precious Stones, Economic Geology, 1922, vol. XVII, p. 575—601. *H.-J. Schubnel*, World map of gemstone deposits, The Journal of Gemmology, 1970, vol. 12, p. 14—17.

жество поделочных камней и в небольшом количестве более ценные камни; вероятно, наиболее значительную долю добычи в процентном отношении составляет бирюза.

Ниже перечислены драгоценные камни, которые добываются в основных странах мира. Список едва ли претендует на широту охвата; он содержит те минералы, которые хотя бы изредка находили сбыт, но не включает те минералы, которые могли бы считаться драгоценнымм.

Распространение драгоценных камней в основных странах мира

Европа и Азия

Великобритания: кварц (горный хрусталь, дымчатый кварц, кернгорм, аметист), халцедон (агат), флюорит («блу джон», синяя разновидность флюорита, встречающаяся в Дербишире), гематит, янтарь, гагат
Франция: циркон, варисцит, кварц (горный хрусталь, аметист)
ФРГ: топаз, гранат (альмандин, пироп), корунд (сапфир), хризолит, кварц (аметист), халцедон (хризопраз, агат), диопсид, флюорит, янтарь
Норвегия: берилл, полевой шпат
Испания: кварц (аметист), гематит, гагат
Швейцария: сфен, кварц (горный хрусталь, дымчатый кварц)
СССР: алмаз, берилл (изумруд, аквамарин), хризоберилл (александрит, топаз), фенакит, турмалин, гранат (гроссуляр, андрадит), бирюза, кварц (аметист), халцедон, лабрадор, нефрит, лапис-лазурь, обсидиан, диоптаз, гемиморфит, солнечный камень
КНР: нефрит, кварц (аметист, дымчатый кварц), халцедон (карнеол, агат)
Тайвань: халцедон, нефрит
Япония: кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц, яшма, плазма), жадеит
Афганистан: корунд (рубин), лапис-лазурь
Иран: бирюза
Индия: алмаз, корунд (сапфир), хризоберилл (цимофан), берилл (изумруд), гранат (альмандин), турмалин, кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц, авантюрин), халцедон (агат); кианит, эвклаз, серпентин (бовенит), апатит, кордиерит, полевой шпат (амазонит), циркон, родонит
Пакистан: берилл (изумруд), гранат (гроссуляр), серпентин (бовенит)
Шри Ланка: корунд (сапфир, рубин), хризоберилл (александрит), шпинель, циркон, топаз, гранат, берилл, турмалин, сфен, рутил, кордиерит, фибролит, андалузит, диопсид, апатит, кварц (аметист, кошачий глаз), полевой шпат (лунный камень), корнерупин
Бирма: корунд (рубин, сапфир), шпинель, жадеит, циркон, кварц, берилл, хризоберилл, топаз, хризолит, скаполит, апатит, фибролит, турмалин, янтарь (бирмит), лапис-лазурь, диопсид, энстатит, кианит, данбурит
Таиланд: корунд (сапфир, рубин), циркон
Кампучия: корунд (рубин, сапфир), циркон, кварц (горный хрусталь, аметист)
Вьетнам: циркон
Индонезия: алмаз
Калимантан: алмаз, корунд (сапфир)

Африка

Алжир, Марокко: халцедон, серпентин
Египет: берилл, хризолит, бирюза
Сьерра-Леоне, Гвинея: алмаз, гранат (андрадит), корунд (рубин), циркон

Гана, Берег Слоновой Кости: алмаз
Нигерия: топаз
Центральноафриканская Республика: алмаз
Заир: алмаз, халцедон, диоптаз
Ангола: алмаз, корунд
Танзания: алмаз, корунд (сапфир, рубин), гранат (альмандин, пироп), кварц (аметист), фенакит, турмалин, полевой шпат (лунный камень), эвклаз, цоизит
Замбия: кварц (аметист), гранат (гроссуляр)
Малави: корунд (сапфир, рубин)
Зимбабве: алмаз, берилл (изумруд, аквамарин), хризоберилл, топаз, гранат (пироп), турмалин, кварц (аметист), халцедон, нефрит
Ботсвана: алмаз
ЮАР: алмаз, гранат (гроссуляр, пироп), берилл (изумруд), кварц (аметист, розовый кварц, кернгорм, соколиный глаз, тигровый глаз), энстатит
Лесото: алмаз
Намибия: алмаз, берилл, турмалин, топаз, кварц (аметист, розовый кварц), халцедон (хризопраз, гелиотроп), кордиерит, лазулит
Мадагаскар: корунд (рубин, сапфир), берилл, гранат (альмандин, спессартин), топаз, турмалин, шпинель, хризоберилл, сподумен (кунцит), кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц), халцедон, кордиерит, полевой шпат (лунный камень, амазонит), циркон, корнерупин, скаполит, данбурит, гамбергит, родицит

Америка

Канада: хризолит, турмалин, апатит, бирюза, кварц (аметист), халцедон (агат), полевой шпат (лабрадор)
Ньюфаундленд: лабрадор
США: алмаз, корунд (сапфир), бирюза, турмалин, опал, халцедон (агат), берилл, полевой шпат (амазонит, солнечный камень), лапис-лазурь, нефрит, родонит, топаз, сподумен (кунцит, гидденит), поллуцит, цинкит, варисцит, дюмортьерит
Мексика: опал, гранат, кварц (аметист, горный хрусталь)
Гватемала: жадеит
Гондурас: опал
Колумбия: берилл (изумруд), корунд (рубин, сапфир), гранат (пироп, гроссуляр, спессартин), топаз, хризоберилл, турмалин, кварц (аметист, горный хрусталь, цитрин), халцедон (агат), андалузит, эвклаз, нефрит, фенакит, скаполит, бразилианит
Аргентина: гранат (пироп), берилл, кварц (розовый кварц), халцедон (агат), родохрозит
Уругвай: кварц (аметист), халцедон (карнеол, агат)
Австралия: алмаз, корунд (сапфир, рубин), опал, берилл (изумруд, аквамарин), циркон, шпинель, топаз, гранат (пироп, спессартин), кварц (аметист), халцедон (агат, хризопраз, яшма), бирюза, хризолит, турмалин
Новая Зеландия: нефрит, опал, халцедон, серпентин (бовенит)

17
Библейские камни

Обычай использовать драгоценные камни для украшения, приумножения благосостояния и придания блеска торжественным обрядам восходит к далекому прошлому. Так же как и сейчас, в те времена драгоценности ценились чрезвычайно высоко; короли и другие властители копили драгоценные камни не только для того, чтобы надевать их в подтверждение собственного могущества, но и для пополнения сокровищами казны, для покрытия издержек правления и обеспечения военных ресурсов. Поскольку драгоценности долговечны и занимают мало места, не удивительно, что они с древних времен использовались в Палестине, куда завозились в основном из Тира, так как в самой Палестине драгоценных камней не добывалось.

Из Библии известно, что наперсник Первосвященника, в котором он отправлял богослужение Иегове, был украшен дорогими камнями. Кстати, само название «наперсник» несколько неточное, так как мы воспринимаем его в значении части вооружения, которая до эпохи огнестрельного оружия служила для защиты тела во время битвы; в Библии же слово «наперсник» означает обрядовый предмет. Он представлял собой полотняную суму, в которой находились таинственные Урим и Тумим, с чьей помощью Первосвященник разъяснял повеления Иеговы, касающиеся деяний на благо детей Израилевых. Сума была украшена драгоценными камнями; всего их было двенадцать, вероятно плоских и овальных, помещенных в филигранные золотые оправы; на камнях были выгравированы названия двенадцати колен Израилевых. Драгоценные камни наперсника описаны в Библии [1]:

Исход, глава 28:

17. И вставь в него оправленные камни в четыре ряда. Рядом: сардиус, топаз и карбункул — это первый ряд.
18. Второй ряд: изумруд, сапфир, алмаз.
19. Третий ряд: лигур, агат и аметист.
20. Четвертый ряд: берилл, оникс и яспис. В золотых гнездах должны быть вставлены они.

---

[1] В оригинале приведен текст английского перевода Библии, принятого англиканской церковью и изданного в 1611 г.— *Прим. перев.*

21. Сих камней должно быть двенадцать, по числу сынов Израилевых, по именам их; на каждом, как на печати, должно быть вырезано по одному имени из числа двенадцати колен.

Помимо этого описания (древнееврейский оригинал относится приблизительно к 1500 году до н. э.), до нашего времени дошло еще четыре: в Септаагинте, греческом переводе Библии, сделанном в Александрии в первой половине III в. до н. э., в Вульгате, латинском переводе, сделанном Святым Иеронимом [1] приблизительно в 400 году н. э., и в двух книгах Иосифа Флавия [2]: в книге «Иудейские войны», написанной на древнееврейском языке около 75 года н. э., вскоре после разрушения Иерусалима, и затем переведенной на греческий язык, и в книге «Иудейские древности», написанной на греческом, вероятно, в 93 году н. э.

Перечень драгоценных камней и описание их расположения на наперснике приводятся в нижеследующей таблице, согласно описаниям в пяти вышеперечисленных источниках, причем при переводе последних четырех источников на английский язык использованы эквивалентные значения:

Драгоценные камни наперсника Первосвященника

Первый ряд

Английский перевод	Сард	Топаз	Карбункул
Септаагинт	Сард	Топаз	Изумруд
Вульгата	Сард	Топаз	Изумруд
„Иудейские войны“	Сард	Топаз	Изумруд
„Иудейские древности“	Сардоникс	Топаз	Изумруд

Второй ряд

Английский перевод	Изумруд	Сапфир	Алмаз
Септаагинт	Карбункул	Сапфир	Яспис (яшма)
Вульгата	Карбункул	Сапфир	Яспис
„Иудейские войны“	Карбункул	Яспис	Сапфир
„Иудейские древности“	Карбункул	Яспис	Сапфир

Третий ряд

Английский перевод	Лигур	Агат	Аметист
Септаагинт	Лигур	Агат	Аметист
Вульгата	Лигур	Агат	Аметист
„Иудейские войны“	Агат	Аметист	Лигур
„Иудейские древности“	Лигур	Аметист	Агат

Четвертый ряд

Английский перевод	Берилл	Оникс	Яспис
Септаагинт	Хризолит	Берилл	Оникс
Вульгата	Хризолит	Оникс	Берилл
„Иудейские войны“	Оникс	Берилл	Хризолит
„Иудейские древности“	Хризолит	Оникс	Берилл

[1] Eusebius Hieronymus (Ἱερώνυμος), 340—430 гг. н. э.
[2] Flavius Josephus, 37—101 (?) гг. н. э.

Приведенное ниже описание из книги «Иудейские войны» является менее точным по сравнению с описаниями в других источниках, но раньше считали, что порядок расположения камней в тексте соответствует их расположению на наперснике:

«И на другой стороне укреплено было двенадцать камней, по три в ряд, всего четыре ряда: сард, топаз, изумруд, карбункул, яспис, сапфир, агат, аметист, лигур, оникс, берилл, хризолит» (Книга V, глава 5, часть 7).

Если не обращать внимания на порядок расположения камней, то можно заметить, что в разных вариантах Библии упоминаются одинаковые виды драгоценных камней, но есть и два исключения: в английском переводе 1611 г. появляется алмаз вместо хризолита, упомянутого в других вариантах, а в «Иудейских древностях» вместо сарда появляется сардоникс. Ясно, что алмаз в английском варианте — это совсем не тот камень, который мы знаем под этим наименованием сегодня, поскольку в то время на алмазе из-за его твердости было бы очень трудно вырезать название одного из колен Израилевых; кроме всего прочего, алмазы подходящего для наперсника размера встречаются чрезвычайно редко, и вообще сомнительно, чтобы такой алмаз был известен намного раньше 1000 года н. э. В то же время название «сардоникс» может быть вполне правильным, если камень был полосчатым, и поэтому может рассматриваться как одно из названий сарда.

Не следует удивляться неполному совпадению в названиях и в порядке расположения драгоценных камней в различных вариантах Библии. Если вспомнить, что до изобретения печатного станка, а тем более до механического способа размножения рукописей все издания кропотливо переписывались вручную, то можно считать соответствие переводов достаточно хорошим. Следует также помнить, что древние восточные тексты читают справа налево, то есть в противоположном направлении по сравнению с западными текстами, и различие в расположении драгоценных камней третьего ряда в двух описаниях, принадлежащих Иосифу Флавию, могло возникнуть именно по этой причине. Возможно и другое объяснение разночтений в разных вариантах, если считать, что они относятся не к одному и тому же предмету. История гласит, что до окончательного разрушения в 70 году н. э. Иерусалим не раз подвергался жестоким набегам, и такая бесценная и известная вещь, как наперсник, если он не был надежно спрятан, не могла не стать добычей завоевателей. Если это действительно произошло, то наперсник должны были заменить другим, поскольку он является неотъемлемой принадлежностью иудейских религиозных церемоний; однако практически невозможно доказать, что при изготовлении нового наперсника были использованы точно такие же камни, как на похищенном наперснике. Предположение

о том, что могла быть сделана такая замена, подтверждается и тем фактом, что в разных вариантах Библии упоминаются разные камни, служившие застежками священного одеяния — эфода (камни, оправленные в золото, располагались на оплечьях эфода, а наперсник прикреплялся полотняными лентами к этим «пуговицам»). В английском варианте эти камни называются ониксами.

Исход, глава 28:

9. И возьми два камня оникса и вырежь на них имена сынов Израилевых:
10. Шесть имен их на одном камне, и шесть имен остальных на другом камне, по порядку рождения их.

Исход, глава 39:

6. И обделали они камни ониксовые, вставив их в золотые гнезда и вырезав на них имена сынов Израилевых, как вырезывают на печати.
7. И положил он их на нарамники эфода, в память сынов Израилевых, как повелел Господь Моисею.

По Септаагинту, эти два камня — изумруды, а Иосиф Флавий называет их сардониксами. Поскольку эти два вида камней очень резко отличаются по цвету, это наверняка должны были быть разные камни.

В видении Иезекииля, по-видимому, подразумеваются камни наперсника, когда описывается великолепие Тирского царя, поскольку все девять упомянутых названий камней можно обнаружить в описании наперсника, хотя и в другом порядке.

Иезекииль, глава 28:

13. Ты находился в Едеме, в саду Божием; твои одежды были украшены всякими драгоценными камнями: сардиус, топаз и алмаз, берилл, оникс и яспис, сапфир, изумруд и карбункул, и золото...

В Вульгате также приводятся названия девяти камней, только вместо алмаза упоминается хризолит и камни перечисляются в другом порядке: сард, топаз, яспис, хризолит, оникс, берилл, сапфир, карбункул, изумруд. В то же время в Септаагинте упоминаются все двенадцать камней наперсника вместе с драгоценными металлами оправ; в обеих книгах они перечислены в одном и том же порядке: сард, топаз, изумруд, карбункул, сапфир, яспис, серебро, золото, лигур, агат, аметист, хризолит, берилл, оникс.

Таким образом, в английском варианте и Вульгате пропущены названия трех камней третьего ряда: «лигур», «агат» и «аметист», что произошло, вероятно, при переписке.

Еще один набор из двенадцати камней упоминается при описании стен Небесного Иерусалима. Эти камни отличаются от кам-

ней, украшавших наперсник Первосвященника: здесь появляются вместо алмаза, карбункула, лигура, агата и оникса хризолит, халцедон, сардоникс, хризопраз и иакинф (гиацинт).

Апокалипсис, глава 21:

19. И основания стен этого города были украшены всевозможными камнями драгоценными. Первая стена была из ясписа, вторая — из сапфира, третья — из халцедона, четвертая — из изумруда.
20. Пятая — из сардоникса, шестая — из агата, седьмая — из хризолита, восьмая— из берилла, девятая — из топаза, десятая — из хризопраза, одиннадцатая — из иакинфа, двенадцатая — из аметиста.
21. Из двенадцати жемчужин были сделаны двенадцать ворот, каждые ворота из одной жемчужины; улица была из чистого золота и прозрачного стекла.

Хотя почти все камни, упомянутые в Библии, носят названия, которые употребляются и в наше время, из этого вовсе не следует, что там имеются в виду минералы, соответствующие этим названиям сегодня, и очевидно, что во многих случаях название переходило от одного вида камня к другому, совершенно непохожему на него. До того как был разработан метод огранки камней, им просто придавали примитивную форму и полировали; камни тогда ценились за цвет и фактуру, а не за прозрачность; драгоценными в те времена считались совсем другие камни. Поскольку наперсник Первосвященника, захваченный римлянами после разрушения Иерусалима, исчез, а в легендах фигурируют два других набора камней, то мы почти не располагаем данными для доказательства тождественности камней с разными названиями. Возможно, что ключом к разгадке в некоторых случаях может служить корень соответствующего слова на древнееврейском языке. Другими словами, достаточно уверенно мы можем утверждать только то, что сард, изумруд и сапфир на наперснике Первосвященника были камнями красного, зеленого и синего цвета соответственно. Чтобы выяснить значение различных названий, необходимо обратиться к авторам описаний минералов той эпохи. Наиболее древней из дошедших до нас работ является книга о камнях, написанная на греческом языке Теофрастом [1], умершим незадолго до того, как был начат греческий перевод Библии — Септуагинт. Наиболее обширной работой на латыни был трактат «Естественная история» Плиния Старшего, вышедший в 77 году н. э.

Все названия камней, приведенные в английском переводе 1611 г., взяты из переведенного на латынь греческого оригинала, поскольку подходящие английские значения отсутствовали. Гре-

[1] Θεόφραστος (божественный оратор), ученик и литературный преемник Аристотеля, умер в 287 году до н. э. в возрасте 85 лет (по другим данным, в возрасте 107 лет). De Lapidibus, издано со вступлением, в переводе и с комментариями Д. Е. Эйчхолза, Оксфорд, 1965.

ческие и латинские формы названий минералов весьма близки; исключением является слово «карбункул», которое происходит от уменьшительной формы латинского carbo (искра); равнозначное греческое слово — ἄνθραξ. Поскольку в древности камни в основном различались по цвету и в меньшей степени по твердости, часто под одним и тем же названием подразумевались камни, относящиеся к различным минеральным видам; в то же время камни, являющиеся разновидностями одного минерала, считались разными. Некоторые названия камней, очевидно, соответствуют современным названиям; это аметист, изумруд, берилл, сард, оникс и сардоникс. Другие названия не совпадают с современными. Так, то, что описано Плинием как сапфир, мы называем лапис-лазурью. Топазом назывался зеленый камень, возможно теперешний оливин, хризолитом — желтый камень, пакинфом — голубой, хризопразом — зеленый, яшмой — также зеленый камень, то есть в то время употребляли названия, противоположные современным. Карбункулами, видимо, назывались все красные камни — рубин, шпинель и гранат, но наиболее вероятно, что на наперснике Первосвященника был последний из перечисленных красных камней — гранат, поскольку он достаточно податлив для гравировки. Халцедоном считали зеленый камень, и определенно под этим названием не подразумевалась скрытокристаллическая форма кварца, известная в наше время. Одно из названий — лигур, совершенно не встречается; по-видимому, это был чрезвычайно твердый камень желтоватого оттенка, скорее всего циркон.

В первом разделе Библии упоминается камень, вызывающий у нас недоумение.

Бытие, глава 2:

12. И золото той земли хорошее; там бделиум и камень оникс.

Название «бделиум» встречается и в следующем разделе, но больше в Библии не появляется:

Числа, глава 11:

7. Манна же была подобна кориандровому семени, видом, как бдолах.

Здесь заключена некоторая разгадка значения слова «бделиум», представляющего собой латинскую форму греческого βδελλιον. Вероятно, манна — это лишайник *(Lecanora esculenta)*, который в наши дни употребляется в пищу в Северной Африке и представляет собой маленькие сероватые или беловатые комки. Однако возможно, что бделиум — это комок смолы или даже жемчуг такого внешнего облика.

Библейский алебастр — это мраморовидный оникс (кальцит), а не разновидность гипса, как считается в наше время. «Хрусталь», «янтарь», «коралл» и «жемчуг» — эти названия и в древности, и в наше время употребляются для обозначения одних и тех же камней, однако в некоторых разделах английского варианта, по-видимому, слово «хрусталь» при переводе было заменено словами «стекло» и «жемчуг».

18
Исторические камни

В главе, посвященной единицам веса, указывалось, что до повсеместного перехода к международному карату — единице, составляющей одну пятую долю грамма,— вес карата был различным не только в разных странах, но изменялся и во времени. Поэтому нельзя особенно доверять значениям веса, указываемым для исчезнувших древних драгоценных камней или же для камней до огранки; кроме того, неуверенность усугубляется сомнительной точностью первоначального взвешивания.

Чтобы не вносить дополнительной путаницы в вопрос о весе старых драгоценных камней, мы приводим общепринятый вес, не указывая, в каких единицах он был измерен. Если вес выражен в метрических каратах, то его можно считать достоверным, так как в этом случае либо он определен в данной международной единице, либо точно известна единица, в которой проводилось первоначальное взвешивание.

Однако, несмотря на то что нельзя быть полностью уверенным в старых цифрах, даже приблизительные значения дают некоторое представление о размерах известных древних драгоценных камней.

а. Алмазы

Количество алмазов весом более 100 каратов в ограненном виде весьма ограниченно, хотя и значительно возросло после открытия южноафриканских копей. Не говоря даже о размерах алмазов, их стоимость такова, что они имеют гораздо большее значение, чем просто украшения: это сгустки великого могущества и потенциальный источник благ и бедствий. В былые времена деспотических правителей великолепные алмазы нередко находились в слабых руках, и это вызывало зависть алчных могущественных соседей и повергало целые страны в ужасы безжалостных кровавых войн. В более цивилизованные времена владельцы крупных алмазов часто использовали их в качесте залога при получении денежных сумм для пополнения оскудевшей казны. Так, могущество Наполеона могло бы пошатнуться, если бы ему не удалось получить заем, заложив принадлежавший ему известный алмаз «Питт». Во время социальных катаклизмов счастливые обладатели драгоценностей

могли повсюду реализовать их по настоящей цене, в то время как денежные знаки превращались в простые бумажки, а стоимость драгоценных металлов, определяющаяся их весом, также была значительно меньше. История известных камней — это часто длинное романтическое повествование с захватывающими подробностями, но, к сожалению, объем книги не позволяет остановиться на таких историях более детально.

Среди стран, добывающих алмазы, Индия славится как родина исторических камней главным образом потому, что в течение длительного периода только отсюда поступали в цивилизованный мир дорогостоящие камни. В Бразилии добыто множество алмазов, но лишь некоторые из них являются достаточно крупными. В то же время Южная Африка оказалась настолько богатой алмазами всевозможных размеров, что только самые крупные камни были удостоены собственного имени, а камни помельче, большинство из которых вызвало бы ажиотаж, явись они миру в те далекие дни, когда алмазы были сравнительно редки, а наше время почти не привлекают внимания и в лучшем случае удостаиваются лишь краткого упоминания в прессе.

1. Индия

«Кох-и-Нор». Считают, что знаменитый алмаз «Кох-и-Нор» («Гора света») был обнаружен в копях Голконды в Южной Индии и в первозданном виде весил 800 каратов. В самых древних рассказах о нем, вероятно, больше вымысла, чем истины. Рассказывают, что камень попал в руки основателя династии Великих Моголов, затем принадлежал Шах-Джехану и украсил его церемониальный Павлиний трон. Персидский шах Надир, покоривший Индию, захватил огромную добычу, среди которой был и этот камень; завоеватель отвез его в Исфаган. После убийства шаха в 1747 году основанная им империя распалась, как это нередко бывает. Таковы плоды деспотического правления! Во время беспорядков в Исфагане обладателем этого знаменитого алмаза и «Рубина Тимура» стал афганец Ахмад Абдали, который предпринял безуспешную попытку захватить трон; он увез эти камни с собой в Кандахар, где основал королевскую династию и принял имя Дурр-и-Дауран (Жемчужина века), по которому его семья стала называться Дуррани. Он умер в 1773 году. Его сын Тимур перенес столицу в Кабул и туда же перевез свои сокровища. После смерти Тимура в 1793 году последовал долгий период смуты. Преемником Тимура был пятый из двадцати трех его сыновей, Заман-Мирза. Ему было трудно сохранить свое положение, и поэтому он уступил Лахор сикхскому авантюристу Ранджиту Сингху, но в том же году был свергнут с трона своим братом Махмудом. Тот в свою очередь был свергнут с трона сторонниками другого брата,

Шуджа-уль-Мулька. Последний не пользовался любовью подданных, и в 1813 году, чтобы спасти жизнь, бежал в Лахор, захватив с собой драгоценности. Раджа Ранджит Сингх предоставил ему убежище, но взамен потребовал все драгоценности, включая и «Кох-и-Нор».

Знаменитый алмаз оставался в Тошахане, близ Лахора, до 1849 года, когда сокровище перешло во владение Ост-Индской компании; по поручению компании лорд Далхаузи 3 июня 1850 года преподнес камень королеве Виктории. Камень был показан на Большой выставке в 1851 году. К этому времени еще сохранилась

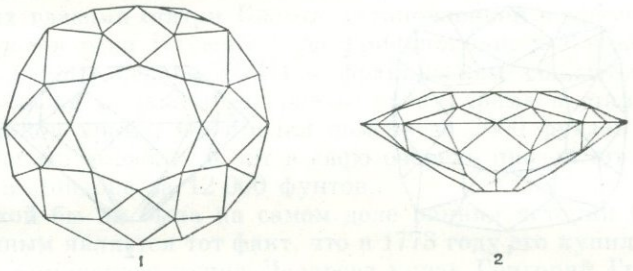


Рис. 112. Алмаз «Кох-и-Нор»: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

первоначальная индийская огранка, но в 1852 году под наблюдением королевского минералога Джеймса Теннанта камень был переограпен в низкий бриллиант (рис. 112); вес его при этом уменьшился со 191 до 108,9 метрического карата. Мудрость этого поступка представляется весьма сомнительной. В новой форме алмаз не достиг точных пропорций бриллианта, лишь немного улучшилась его игра; но самое печальное то, что с потерей изначальной формы камень утратил большую долю привлекательности, перестав быть столь интересным историческим объектом.

Королева Виктория носила «Кох-и-Нор» в качестве броши; после ее смерти камень был причислен к королевским регалиям; он был укреплен в центре переднего креста Государственной короны, которая вначале принадлежала королеве Александре, а затем королеве Мэри; после этого камень укрепили в новой короне, изготовленной фирмой «Гаррард и К°» для коронации Ее Величества королевы Елизаветы.

«Питт», или «Регент». Великолепный камень, одинаково хорошо известный и под названием «Питт», и под названием «Регент», был найден в 1701 году на знаменитых алмазных копях Партиаля, на Кистне, примерно в 240 км от Голконды, в Южной Индии; в первоначальном виде он весил 410 каратов. Неизвестными путями он попал в руки персидского купца Джамчунда, у которого

камень приобрел Вильям Питт, губернатор форта Св. Джорджа в Мадрасе, за 20 400 фунтов. По возвращении в Англию Питт приказал огранить камень в совершенный бриллиант, вес которого стал равным 140,5 метрического карата. Огранка продолжалась два года и обошлась в 5000 фунтов. Известно, что более 7000 фунтов было выручено от продажи обломков камня. Питт пребывал в постоянном страхе, опасаясь кражи камня, и наконец, в 1717 году, после долгих торгов расстался с ним, продав герцогу Орлеанскому за огромную сумму — 3 750 000 франков, что в те годы составляло около 135 000 фунтов. Камень был вправлен в корону Людо-

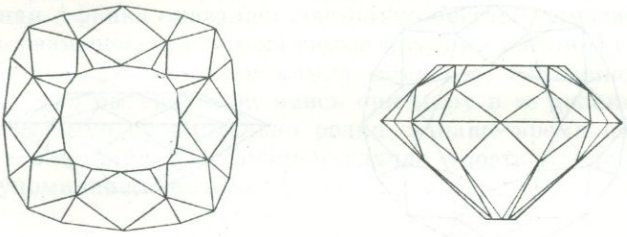


Рис. 113. Алмаз «Питт», или «Регент»: *1* — коронка, *2* — вид сбоку.

вика XIV во время его коронации в 1722 году. Вместе с другими королевскими регалиями он был украден из Гард-Мёбл 17 августа 1792 года, в начале Французской революции, но в конце концов был подброшен ворами обратно, несомненно потому, что они не знали, как избавиться от такого известного камня, оставив его целым. В последнее десятилетие XVIII в. алмаз был использован Наполеоном в качестве залога для обеспечения его походов всем необходимым. Выкупленный на аукционе вместе с другими драгоценностями Французской короны, он был помещен в Лувр и выставлен для обозрения. Во время вторжения гитлеровцев в Париж в 1940 году камень был отправлен в замок Шамбор и спрятан в панели мраморного камина. В настоящее время камень снова находится в Лувре. Его размеры $30 \times 29 \times 19$ мм; камень отличается необыкновенным блеском, игрой, что связано с совершенством его бриллиантовой огранки.

«Орлов». Знаменитый камень «Орлов» («Амстердам», или «Лазарев»), вероятно, является самым замечательным из всех алмазов, когда-либо найденных в Индии. Он был обнаружен в Коллярских копях Голконды в начале XVII в. и представлял собой обломок весом 300 каратов, отделившийся по плоскости спайности от более крупного кристалла алмаза, имевшего форму округлого додекаэдра. Судя по форме обломка, полный кристалл должен был весить 450 каратов, так что найденный обломок состав-

лял около двух третей первоначального камня. Камень был приобретен Шах-Джеханом; огранка была сделана в виде индийской розы с большим количеством маленьких граней, расположенных ярусами. Камень до сих пор еще сохранил первоначальную индийскую огранку и поэтому представляет собой огромный исторический интерес.

База камня соответствует плоскости скола. Высота камня от базы 22 мм, длина 35 мм, ширина от 31 до 32 мм. После огранки вес камня уменьшился до 199,6 метрического карата, и Шах-Джехан был очень недоволен этой потерей. Камень имеет приятный голубовато-зеленый оттенок.

Согласно легенде, алмаз «Орлов» был одним из алмазов, служивших глазами статуи Брамы, установленной в храме на одном из островов реки Каувери близ Тричинополи, в Мадрасе. Алмаз был украден в начале XVIII в. французским солдатом, который предательски втерся в доверие к жрецу храма и стал одним из охранников храма. Он продал камень за 2000 фунтов капитану английского корабля, а тот в свою очередь продал его торговцу-еврею в Лондоне за 12 000 фунтов.

Какой бы ни была на самом деле ранняя история камня, несомненным является тот факт, что в 1773 году его купил в Амстердаме у армянского купца Лазарева князь Григорий Григорьевич Орлов и приподнес императрице Екатерине II. Говорят, что за камень было уплачено 400 000 рублей, или, в другом варианте, 90 000 фунтов вместе с 4000 фунтов ренты.

Камень «Орлов» был вставлен в резную серебряную оправу и укреплен в верхней части Российского державного скипетра. В настоящее время он хранится в Алмазном фонде СССР в Москве [1].

«Дерианур». В течение длительного времени история алмаза «Дерианур» оставалась неизвестной. Предполагают, что, так же как и «Орлов», он был найден в Колларских копях и в дальнейшем стал частью добычи, с которой вернулся в Персию шах Надир; после этого камень находился в сокровищнице иранских шахов. В 1791 году его увидел Харфорд Джонс (позднее сэр Харфорд Джонс Бриджес) [2] и высказал предположение, что это тот самый камень, который видел путешественник Жан-Батист Тавернье [3] в Голконде в 1642 году. Тавернье описал крупный камень

---

[1] История алмаза «Орлов» детально изучена А. Е. Ферсманом. См. *А. Е. Ферсман*, Исторический алмаз «Орлов», Изд. АН СССР, 1955.— *Прим. ред.*

[2] *Sir Harford Jones Brydges*, The Dynasty of the Kajars. London, 1833.

[3] Les six Voyages de Jean-Baptiste Tavernier qu'il a fait en Turquie, en Perse et aux Indes, pendant l'espace de quarante ans etc. Paris, 1676 and 1682. v. Ball, Travels in India by Jean-Baptiste Tavernier, 2nd edition by William Crooke, London, 1925.

таблитчатой формы весом 176 $^{1}/_{8}$ мангелина, или 242 $^{5}/_{16}$ французского карата. (Мангелин — единица веса, употреблявшаяся в Голконде и Визапуре и равная $1^{3}/_{8}$ французского карата.) Камень был известен под названием «Большая таблица». Это предположение нашло подтверждение во время недавней проверки «Дериануpa» в Тегеране [1]. Изучение показало, что камень, в настоящее время вставленный в прямоугольную золотую оправу вместе с небольшими алмазами, вне всякого сомнения, является «Большой таблицей» или, вернее, частью этого камня. Цвет «Дериануpa» бледно-розовый; среди шахских сокровищ есть розовый бриллиант, вставленный в тиару; вполне вероятно, что это другая переограненная часть «Большой таблицы». По-видимому, «Большая таблица» случайно раскололась и ее меньшая часть была огранена бриллиантом (гранями «Большой таблицы» служили природные грани кристалла). Приблизительный вес оставшихся частей алмаза составляет 176 и 67 метрических каратов для «Дериануpa» и бриллианта соответственно, так что, по-видимому, первоначальный вес «Большой таблицы» должен был превышать вес, указанный Тавернье.

«Санси». История камня «Санси» очень запутанна; возможно, в ней переплелись истории двух или более камней. По описанию, камень имеет миндалевидную форму и покрыт множеством мелких граней с обеих сторон. Возможно, что это один из алмазов, купленных около 1570 года в Константинополе Николо Шарли, сеньором де Санси, который был послом Франции при дворе Оттоманов. В конце века, когда он был послом при дворе Якова Святого, Санси продал камень королеве Елизавете. Примерно сто лет спустя, в 1695 году, алмаз был продан Яковом Вторым Людовику XIV, королю Франции, за 625 000 франков (приблизительно 25 000 фунтов). В описи регалий Французской короны, составленной в 1791 году, камень был оценен в 1 000 000 франков (около 40 000 фунтов). 17 августа 1792 года он был похищен из Гард-Мёбл. В описи указано, что вес камня равен 53 $^{3}/_{4}$ карата (55 метрических каратов).

Существовала версия, что этот камень принадлежал Карлу Смелому и был украден с его трупа на роковом поле Нанси в 1477 году мародером; однако имеется слишком мало доказательств, чтобы утверждать это с уверенностью. Следующее упоминание о камне относится к 1828 году, когда он был продан князю Демидову. «Санси» демонстрировался на Парижской выставке 1867 года, а затем его приобрел лорд Астор в качестве свадебного подарка сыну. Алмаз вновь демонстрировался на выставке в Париже «Десять веков

[1] *V. B. Meen, A. D. Tushingam, G. G. Waite*, The Darya-i Nur Diamond and Tavernier «Greate Table», Lapidary Journal, 1967, vol. 21, p. 1000—1009.

французского ювелирного дела»; он все еще принадлежал семье Асторов. Следует считать ошибочным утверждение, что камень «Санси» был продан в конце XIX в. индийскому торговцу и перешел во владение махараджи Патиалы; по-видимому, речь идет о другом камне, так как вес его составляет 60,40 карата [1].

«Шах». Прекрасный алмаз, известный под названием «Шах», который не является камнем чистой воды, а имеет желтоватый оттенок из-за небольшой примеси окислов железа вблизи поверхности, был найден в копях Голконды в XVI в., вероятно, перед тем, как их совершенно забросили. Камень представляет собой по форме удлиненный октаэдр, в котором восемь естественных граней частично замещены пятнадцатью фасетками. Камень опоясывает борозда для нити, на которой в былые времена его носили на шее.

Считается, что камень первоначально весил 95 каратов; потеря веса при огранке была небольшой и составила около 5 каратов; ныне его вес равен 88,7 метрического карата. Наиболее замечательной особенностью этого камня является то, что на трех его первичных гранях вырезаны имена трех правителей, которые последовательно владели камнем, и соответствующие даты в персидском летосчислении от Хиджиры. Если представить себе, насколько трудно поддается огранке алмаз и сколь примитивны были орудия того времени, то мы должны застыть в изумлении перед безмерным трудом и невероятным терпением, потребовавшимися для того, чтобы вырезать письмена. Там обозначены следующие имена и даты правителей: Низам-шах, 1000 (1591 год н. э.); Шах-Джехан, 1051 (1641 год н. э.); Фатх-Али-шах, 1242 (1826 год н. э.). (Мусульманское летоисчисление начинается с 622 г.; продолжительность года составляет 354 дня 8 часов и 48 минут.) Алмаз был захвачен персидскими завоевателями в Индии и в конце концов был передан сыном шаха русскому правительству в качестве компенсации за убийство русского посланника [2]. Сейчас камень находится в Алмазном фонде СССР в Москве.

«Шах-Акбар». Алмаз был собственностью Шах-Акбара из династии Великих Моголов и назван в его честь; по приказу его преемника Шах-Джехана на двух его гранях были вырезаны надписи арабскими письменами. Перевод этих надписей таков: «Шах-Акбар, шах мира, 1028» и «Властелину двух миров, Шах-Джехану, 1039». Даты от Хиджиры соответствуют 1618 и 1629 годам нашей эры. Вероятно, камень был частью добычи, достав-

[1] В очень интересной книге *Я. Зембицкого* «Историческое известие о знаменитом алмазе Санси» (Изд. Минер. о-ва, СПБ, 1835) история этого алмаза изложена по-другому.— *Прим. ред.*

[2] *А. Е. Ферсман*, Алмаз «Шах», Изд. АН СССР, сер. «Классики науки», с. 451—466, 1955.— *Прим. ред.*

ленной в Персию шахом Надиром в 1739 году. Затем алмаз исчез более чем на столетие и в конце концов объявился в Турции под названием «Алмаз Шеферда». Его узнали по сохранившейся первоначальной надписи, которая, к сожалению, была уничтожена, когда в 1866 году камень огранили в форме капли. В следующем году алмаз перешел во владение гэквора из Бароды, который, согласно имеющимся данным, купил его за 350 000 рупий (около 26 000 фунтов).

Первоначальный вес камня составлял 120 арабских каратов (около 119 метрических каратов). При огранке вес уменьшился до 72 метрических каратов.

«Нассак». Алмаз «Нассак» назван по городу, который в наше время носит название Нассик и расположен в 160 км к востоку от Бомбея. Алмаз находился среди сокровищ близрасположенных храмов и был захвачен Махра́тами, когда они грабили страну. По окончании войны, в 1818 году, камень оказался среди добычи, захваченной в Декане и попавшей затем в руки Ост-Индской компании, которая его продала лондонским ювелирам Ранделлу и Бриджу. Первоначально камень имел неправильную грушевидную форму, а затем был искусно переогранен в красивый треугольный бриллиант; на аукционе в августе 1837 года камень купил тогдашний маркиз Вестминстер. Затем «Нассак» перешел к Жоржу Мобуссену из Парижа, позднее к Г. Уинстону из Нью-Йорка, по заказу которого камень был переогранен и получил изумрудную огранку. Впоследствии он стал принадлежать У. Б. Лидсу из Нью-Йорка.

Первоначальный вес алмаза, по имеющимся сведениям, составлял 89 $^{3}/_{4}$ английского карата, а при огранке был уменьшен до 78 $^{1}/_{4}$ английского карата. В настоящее время, после переогранки, вес камня равен 43,4 карата.

«Тадж-е-Мах». Нет сомнения, что камень, известный под названием «Тадж-е-Мах» («Корона луны»), найден в копях Голконды. Этот алмаз чистой воды был огранен индийской огранкой розой. Он находился среди добычи, захваченной шахом Надиром в 1739 году; в настоящее время это один из замечательных камней сокровищницы иранских шахов. Во время недавних измерений был уточнен вес камня, который составляет 115,06 метрического карата.

«Пиготт» («Пигот»). Этот прекрасный камень какими-то путями попал к лорду Пиготу, который дважды был губернатором Мадраса; Пигот умер в Мадрасе в 1776 году. Предполагают, что в 1775 году он привез алмаз в Англию и продал его. В 1818 году камень купил Али-паша, вице-король Египта, за 30 000 фунтов.

По-видимому, после его смерти камень, согласно завещанию, был разбит. Сведения о его весе очень противоречивы, но его можно оценить приблизительно в 49 каратов.

«Евгения». Прекрасный бриллиант овальной формы, получивший название «Евгения», был первым известным камнем из числа принадлежавших русской императрице Екатерине II. Она подарила его Потемкину, одному из своих фаворитов, в знак признания его воинских заслуг. Наполеон III приобрел этот драгоценный камень у наследников Потемкина для свадебного подарка императрице Евгении. Камень был центральным в ее бриллиантовом ожерелье. После свержения императора бриллиант был продан гэквору из Бароды, по слухам, за 150 000 рупий (около 11 000 фунтов). Когда в 1874 году гэквор был смещен вице-королем с должности, камень исчез, и, хотя предполагают, что он вновь появился позже в частной коллекции в Бомбее, о его дальнейшей судьбе ничего не известно. По имеющимся данным, вес его составляет 51 карат.

«Хоуп». Ярко окрашенный алмаз «Хоуп» весит 44,4 метрического карата. Цвет камня глубокий сапфирово-синий. Предполагают, что это основная часть камня каплевидной формы, который

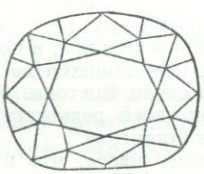


Рис. 114. Алмаз «Хоуп».

был найден в Колларских копях в Голконде и был получен Тавернье во время его пребывания в Индии в 1642 году. Считают, что неограненный камень весил 112 $^1/_4$ карата. Тавернье продал алмаз Людовику XIV в 1668 году; очевидно, камень огранили и получили бриллиант весом 67 $^1/_8$ карата. Он был украден вместе с другими сокровищами французских королей из Гард-Мёбл 17 августа 1792 года и больше никогда туда не возвращался. В 1830 году этот бриллиант (рис. 114) был продан на аукционе Элиазоном, лондонским купцом; за 18 000 фунтов его приобрел Генри Филипп Хоуп, богатый банкир и страстный собиратель драгоценных камней. Бриллиант описан и изображен в коллекции Хоупа [1].

[1] «Самый великолепный и редкий бриллиант глубокого сапфирово-синего цвета, замечательной чистоты, наиболее совершенной огранки; он

Синие алмазы настолько редки, что можно предположить следующее: верхушка камня, первоначально имевшего каплевидную форму, была срезана, а большой осколок переогранен в бриллиант; в этом мнении позволяют утвердиться небольшие дефекты симметрии описываемого здесь бриллианта. Лондонский ювелир И. У. Стритер утверждал, что разница в весе между первоначальным камнем ($67^1/_8$ карата) и камнем «Хоуп» объясняется откалыванием одного или нескольких кусков. При продаже с аукциона в 1874 году драгоценностей, принадлежавших герцогу Брауншвейгскому, представилась возможность тщательно изучить синий каплевидный алмаз, весящий, по-видимому, от 6 до 7 каратов; было доказано, что по качеству и цвету он идентичен алмазу «Хоуп». Для себя ювелир приобрел небольшой бриллиант весом около $1\ ^1/_4$ карата, предполагая, что это третий обломок. В своей книге «Знаменитые алмазы мира» (The Great Diamonds of the World) он писал: «При сложении $44^1/_4$, $13^3/_4$ и $1\ ^1/_4$ мы получаем $59\ ^1/_4$ карата, что на $7\ ^1/_2, ^1/_4, ^1/_8$

отличается правильными пропорциями — не слишком высок и не слишком широк. Этот несравненный драгоценный камень сочетает великолепный цвет сапфира с игрой и блеском алмаза; его определенно можно назвать уникальным, принимая во внимание его необычный цвет, большие размеры и другие изумительные качества. Поэтому мы можем предположить, что во всем мире не существует ни кабинетной, ни любой другой коллекции королевских драгоценностей, которая могла бы похвастаться столь редкой и прекрасной драгоценностью, как только что описанная; мы надеемся, что читатели согласятся с нашим мнением, поскольку существует множество исторических обширных трудов по драгоценным камням, в которых можно найти описания всех замечательных алмазов, находящихся во владении коронованных особ Европы, а также правителей стран Востока. Но тщетно разыскивать среди них камень, который бы мог своей редкостью, красотой и совершенством сравниться с этим синим бриллиантом».

«Алмазы могут быть любого цвета, что подтверждается наличием различно окрашенных алмазов в этой коллекции, однако алмазы синего цвета наиболее редки и наиболее ценны. Очень редки находки алмазов любых размеров прекрасного глубокого цвета синего сапфира; алмазы, называемые обычно синими, слабо окрашены или имеют серо-голубой оттенок. В связи с этим очень сложно дать правильную оценку стоимости этого непревзойденного драгоценного камня — случай, не имеющий прецедента! — ибо его цена не может быть установлена на основании сравнения с другими камнями. Некогда он был оценен в 300 000 рупий, но мы должны признать, принимая во внимание вышеизложенное, что он мог бы быть оценен и более высоко. В этом описании невозможно передать полного ощущения красоты и великолепия этого уникального творения природы».

«Этот изумительный камень со вкусом оправлен в медальон, по краю которого сделана арабеска из алмазов, ограненных в виде мелких роз; центральный камень окружен двадцатью бриллиантами одинакового размера, формы и огранки, каждый из которых весит 4 грана. Вес самого камня составляет 177 гранов» (B. Hertz, A Catalogue of the Collection of Pearls and Precious Stones formed by Henry Philip Hope, Esq, London, August 1839, p. 25).

Алмаз изображен на таблице 5 каталога; там приводится вес 176 гранов. Следует отметить, что так как вес алмаза равен 137 гранам, бриллианты не могут весить более чем 2 грана каждый.

меньше, чем 67 $^{1}/_{8}$ карата — вес «Французского синего алмаза». Вес 13 $^{3}/_{4}$ карата, указанный выше,— это вес еще одного синего алмаза из коллекции герцога Брауншвейгского. Позднее стали считать, что этот камень слишком крупный, чтобы быть одним из осколков, которые могли бы образоваться при превращении «Французского синего алмаза» в алмаз «Хоуп». В случае если цвет подходит точно, вполне вероятно, что это часть первоначального синего алмаза Таверье; к сожалению, о местонахождении этих алмазов в настоящее время какие-либо сведения отсутствуют.

Очевидно, алмаз «Хоуп» принадлежал семье Хоупов до 1908 года, затем был продан Хабиб-бею. В следующем, 1909 году, на аукционе в Париже камень купил парижский торговец алмазами Розенау, а в 1911 году он продал его мистеру Эдварду Маклеону из Вашингтона. В 1949 году алмаз купил Г. Уинстон из Нью-Йорка, в 1958 году камень был подарен Смитсоновскому институту в Вашингтоне. Недавно при изучении камня в рентгеновских лучах установили его принадлежность к типу II b алмазов, что характерно для синего алмаза. Однако в лучах ртутно-кварцевой лампы он флюоресцирует красновато-розовым, а не синим цветом.

Считают, что алмаз «Хоуп» приносит несчастье владельцам; история камня щедро приукрашена выдумками, подтверждающими этот миф.

«Австрийский желтый», «Тосканец», или «Флорентинец». Первоначальные сведения об этом камне, известном под названиями «Австрийский желтый алмаз», «Тосканец» или «Флорентинец», весьма неопределенны, однако не может быть сомнений в том, что именно его видел Таверье среди сокровищ герцога Тосканского; это камень весом 139,5 флорентийского карата (137,27 метрического карата), имеющий окраску лимонно-желтого цвета. Алмаз был огранен в форме девятилучевого бриолета. Он перешел во владение Австрийского королевского дома и вплоть до 1938 года находился среди драгоценностей Австрийской короны в Хофбурге (Вена). Предполагают, что императорская семья захватила алмаз в Швейцарию, в изгнание, и в конце концов камень оказался в Соединенных Штатах Америки. Имеются сведения, что камень переогранили и вес его уменьшился до 100 каратов, но, возможно, речь идет о другом камне.

«Звезда Востока». Этот сравнительно маленький алмаз, весящий всего 25,5 карата, замечателен совершенством формы и качества. Камень принадлежал эрцгерцогу Восточной Австрии Францу-Фердинанду. Предполагают, что после убийства эрцгерцога он возвратился к императору; говорят также, что камнем владел император Карл, умерший в изгнании в 1922 году. Дальнейшая история камня неизвестна.

«Полярная звезда». Камень этот, весящий около 40 каратов, славится как совершенный бриллиант. Он числился в списке драгоценностей Французской короны, составленном в 1859 году, затем перешел во владение русских императоров, принадлежал также леди Детердинг.

«Низам». Предполагают, что камень был найден в районе Голконды после 1835 года. Называют несколько значений веса необработанного алмаза, в том числе и 340 каратов, и даже 440 каратов. Вес ограненного камня составлял 277 каратов. Судя по изображениям, огранка весьма примитивная, с желобками и несколькими гранями. Камень, по-видимому, всегда принадлежал Низаму из Хайдарабада; имеются сведения о том, что камень был разбит во время индийского восстания 1857 года. Один из представителей династии Низама говорил, что некоторое время камень использовали в качестве пресс-папье, однако, возможно, имелся в виду другой крупный алмаз, также имевший название «Низам».

«Белый дрезденский алмаз». Это красивый белый алмаз квадратной формы весом 49,71 карата. Камень украшает плечевой бант и находится в знаменитом музее «Зеленый свод». Он был куплен Августом Сильным за 1 000 000 талеров (около 150 000 фунтов). Этот и еще несколько описанных ниже алмазов были конфискованы советской трофейной организацией после второй мировой войны, но в 1958 году были возвращены в Дрезден и вновь демонстрируются в дрезденском музее «Зеленый свод».

«Зеленый дрезденский алмаз». Прекрасный яблочно-зеленый алмаз, безупречный, чистейшей воды; представляет собой украшение для шляпы. Он также находится в музее «Зеленый свод». Весит 41 метрический карат. Камень был куплен Августом Сильным в 1743 году за 60 000 талеров (около 9000 фунтов).

«Желтый дрезденский алмаз». Среди сокровищ музея «Зеленый свод» есть четыре прекрасных желтых алмаза бриллиантовой огранки. Самый крупный из них весит около 38 метрических каратов.

«Павел I». Алмаз, известный под этим названием, входит в число старинных регалий Российской короны. В прошлом этот камень описывали как «великолепный рубиново-красный алмаз», однако выдающийся советский минералог А. Е. Ферсман установил, что сам камень имеет небесно-розовый оттенок, а рубиновый цвет придает ему подложка из фольги, закрепленная со стороны павильона.

«Камберленд». Этот красивый алмаз, весящий, по имеющимся данным, 32 карата, приобрел город Лондон и приподнес герцогу Камберлендскому в ознаменование его победы при Каллодене в 1746 году. Когда его потомок стал королем Ганновера, некоторые драгоценности перешли к Ганноверскому королевскому дому; возможно, среди них был и алмаз «Камберленд».

Другие камни. Очевидно, что не описанный до сих пор алмаз весом 83,05 карата, прежде принадлежавший махарадже Бардвена и проданный на аукционе Кристи в Лондоне в 1954 году за 13 000 фунтов, представляет особый интерес, так как на одной из его граней, как и на алмазе «Шах», вырезаны персидские письмена — имена двух правителей из династии Великих Моголов. Камень был перепродан на аукционе в Сотби в 1957 году мистеру К. Пэтилу за 14 000 фунтов.

В записках о своих путешествиях на восток Тавернье описал несколько крупных алмазов, которые в наше время нелегко отождествить с какими-либо известными камнями.

Алмаз «Великий Могол», который увидел Тавернье при дворе Аурангзеба в 1665 году, представлял собой крупный, ограненный розой камень, весивший 319,5 ратиса, что равно 280 французским каратам. У Тавернье написано, что необработанный камень весил 900 ратисов, или 787 французских каратов. Дальнейшая история этого алмаза неизвестна, однако на этот счет существует множество предположений, которые в наше время ничем нельзя подтвердить. Судя по зарисовкам и описаниям Тавернье, этот камень очень похож на алмаз «Орлов», хотя вес его и не соответствует весу последнего. Возможно, что в действительности это не два разных камня, а один и тот же. Можно также предположить, что из этого алмаза был получен «Кох-и-Нор» или даже что и «Орлов», и «Кох-и-Нор» были получены из камня «Великий Могол», весившего первоначально 787,5 карата.

Неоправленный алмаз бриллиантовой огранки весом 183 карата был продан в 1942 году в Лондоне под названием «Луна»; считают, что этот камень некогда находился в сокровищнице русских царей и назывался тогда «Луна гор».

Кроме уже перечисленных алмазов, среди старинных регалий Российской короны было еще пять алмазов, происхождение которых могло быть индийским: восьмиугольный камень весом около 57 метрических каратов, который был вставлен в Большую корону императрицы Екатерины II; алмаз, весящий 46 метрических каратов, голубоватого оттенка, ограненный в виде высокой розы, который был вставлен в Имперскую державу; широкий бриолет чистой воды весом 40,5 метрического карата, закрепленный на булавке; плоский алмаз, вставленный в золотую готическую оправу, весом около 24 метрических каратов с плоской частью, равной по пло-

щади 7,5 см² и высотой 0,25 см; крупный одиночный камень весом около 54,7 метрического карата. Все эти камни находятся в Алмазном фонде в Москве.

2. Бразилия

«Звезда юга». Крупнейший из бразильских алмазов, получивший название «Звезда юга», был найден в Багагемских копях в шт. Минас-Жерайс в июле 1853 года. Совершенно прозрачный, без каких-либо оттенков, этот алмаз вначале представлял собой ромбический додекаэдр и весил 261,88 метрического карата; алмаз был продан за 40 000 фунтов. Огранка камня производилась в Амстердаме, при этом его вес уменьшился до 128,8 метрического карата; приобрел эту драгоценность гэквор из Бароды.

«Английский алмаз Дрездена». Прекрасный камень, известный под названием «Английский алмаз Дрездена», найден в Багагемских копях в шт. Минас-Жерайс примерно в то же время, что и «Звезда юга». Он представлял собой отделившуюся при сколе часть более крупного кристалла и в необработанном виде весил 119,5 карата. Мистер И. Дрезден, который приобрел этот камень и которому камень обязан своим названием, распорядился огранить его в бриллиант каплевидной формы, вес которого оказался равным 76,5 карата. И наконец камень купил гэквор из Бароды.

«Звезда Египта». До появления на лондонском рынке в начале 1939 года этот изумительный бразильский алмаз, получивший название «Звезда Египта», был совершенно неизвестен. Считают, что он был найден приблизительно в середине прошлого века и куплен хедивом из Египта. В то время камень весил около 250 каратов (старых) и имел овальную форму. Он был продан либо в 1880 году, либо приблизительно в это время, и тогда ему была придана бриллиантовая огранка. Цвет алмаза резкий, мертвенно-белый. Благодаря совершенству формы он обладает необычайно живой игрой.

«Звезда Минаса». Этот крупный алмаз, весящий 172,5 метрического карата, был найден в Багагемских копях в шт. Минас-Жерайс в 1911 году. Он был назван «Эстрелла-де-Минас» («Звезда Минаса»). Камень ограничен двумя плоскими гранями, а остальная часть имеет округлую форму.

«Минас-Жерайс». Большой алмаз весом 172,5 метрического карата был найден в аллювиальных отложениях реки Санто-Антонио, в округе Коромандель, шт. Минас-Жерайс, незадолго до находки другого, более крупного алмаза, описанного ниже.

«Президент Варгас». Этот великолепный алмаз был обнаружен в аллювии реки Санто-Антонио в округе Коромандель, шт. Минас-Жерайс, 13 августа 1938 года и назван в честь президента Бразилии д-ра Варгаса. Вес алмаза составлял 726,6 метрического карата, он представлял собой камень чистейшей воды, но на концах имел слабый желтоватый оттенок. На плоском по форме камне наблюдались две четкие грани ромбододекаэдра и большая плоскость скола. Максимальные размеры алмаза «Президент Варгас» 56,2×51,0×24,4 мм. В ультрафиолетовых лучах он обнаруживал чудесное синевато-фиолетовое свечение. Сменив ряд владельцев, камень попал к Г. Уинстону и был разделен на двадцать девять частей, причем четырнадцати самым крупным была придана изумрудная огранка.

Другие камни. Известен алмаз розового цвета весом 118 каратов, найденный на реке Абаэте, шт. Минас-Жерайс, в июне 1929 года. Алмазу дали название «Южный Крест». С 1934 года в округе Коромандель, шт. Минас-Жерайс, было найдено не менее шести алмазов, весящих от 140 до 460 каратов.

Камень «Браганза», который был найден в Бразилии примерно в 1740 году и, как известно, весил более 1680 каратов, находится среди португальских государственных регалий; возможно, что это топаз. Еще один драгоценный камень, найденный в Бразилии примерно в 1775 году, был назван «Регент Португалии». Этот камень был огранен в форме круглого бриллианта, вес его 215 каратов; возможно, это также топаз.

3. Южная Африка

«Куллинан». Все алмазы мира не могут сравниться с огромным камнем, явившимся на свет на руднике «Премьер» в районе Претории в Трансваале. Алмаз получил свое имя в честь сэра Томаса Куллинана, президента компании «Премьер даймонд майн». Первоначально камень весил 3106 метрических каратов (621,2 грамма, чуть больше $1\frac{1}{3}$ фунта) [1]; в алмазе были видны три естественные грани (фото 15). Судя по форме, он представлял собой лишь часть еще более крупного камня, превосходящего его по размерам более чем вдвое. Алмаз был прозрачным и бесцветным и имел лишь одну маленькую трещину близ поверхности. Этот замечательный камень был приобретен правительством Трансвааля за 150 000

[1] Сэр Уилльям Крукс в лекции, прочитанной в Британской ассоциации в Кимберли, приводит вес 9586,5 грана, что почти точно соответствует 621,2 грамма (Chemical News, 1905, vol. 92, p. 139). Л. Дж. Спенсер собрал все опубликованные данные о весе камня (Mineralogical Magazine, 1910, vol. XV, p. 318—326).

фунтов и подарен королю Эдуарду VII в день его рождения, 9 ноября 1907 года.

23 января 1908 года, через три года после того, как он был найден, камень был передан для огранки амстердамской фирме «И. Й. Ассер и К°». 10 февраля того же года камень раскололи на две части, весившие 2029,94 и 1068,09 карата соответственно; из этих кусков огранили два наиболее крупных бриллианта. Первый, получивший от короля Георга V название «Звезда Африки», имеет вид панделока, каплевидного бриллианта (рис. 115), весит 530,2 метрического карата, имеет 74 грани; это самый крупный

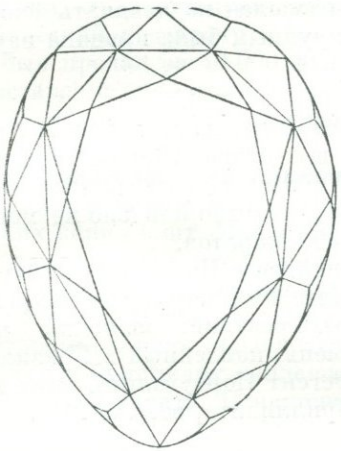


Рис. 115. «Куллинан-I», или «Звезда Африки».

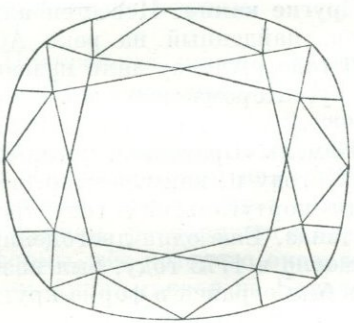


Рис. 116. «Куллинан-II».

ограненный алмаз в мире; он был укреплен в верхней части Державного скипетра. Из второго куска был изготовлен квадратный бриллиант (рис. 116) весом 317,4 метрического карата, который имеет 66 граней. Этот бриллиант вставлен в Государственную имперскую корону. Два других крупных камня — бриллиант — панделок, весящий 94,4 метрического карата, и квадратный бриллиант, весящий 63,65 метрического карата,— были вставлены в Британскую корону в 1911 году. В 1959 году на выставке «Вечный алмаз» в Лондоне эти бриллианты были вправлены в брошь. Бриллианты «Куллинан-II», «Куллинан-III» и «Куллинан-IV» получили название «Малые звезды Африки». Кроме этих четырех камней, были получены следующие: камень в форме сердца весом 18,85 метрического карата; два маркиза весом 11,51 и 8,8 карата; панделок весом 4,4 карата и 96 маленьких бриллиантов, весящих вместе 7,55 метрического карата. Общий вес ограненных камней составляет 1063,65 метрического карата, т. е. при огранке

было потеряно 65,75% веса. Работа была завершена и камни отданы королю Эдуарду VII в ноябре 1908 года.

«Эксельсиор». 30 июня 1893 года на руднике Ягерсфонтейн был найден алмаз, который до находки «Куллинана» считался едва ли не самым крупным из южноафриканских алмазов. Ему дали имя «Эксельсиор». Алмаз имел неправильную форму и был ограничен с одной стороны плоскостью спайности. Он обладал превосходными качествами, имел голубовато-белый оттенок. Первоначально он весил 995,2 метрического карата (около 7 унций). Огранку камня выполнила амстердамская фирма «И. Й. Ассер и К°» в 1904 году; в итоге был получен двадцать один камень, причем самый крупный весил 70 метрических каратов. Вес всех ограненных камней равен 373,75 метрического карата; таким образом, потеря веса составила 62,44%. Бриллианты были распроданы по отдельности.

«Юбилей», или «Рейц». В конце 1895 года на руднике Ягерсфонтейн был найден крупный алмаз, который сначала получил название «Рейц» в честь мистера Ф. У. Рейца, бывшего в то время президентом провинции Оранжевая Республика. Однако в 1897 году после огранки это название заменили на «Юбилей» в ознаменование шестидесятилетия вступления королевы Елизаветы на трон.

Алмаз представлял собой октаэдр неправильной формы без четких граней и весил 650,8 метрического карата. Из него был получен чудесный, безупречный бриллиант весом 245,35 метрического карата, а из «отходов» — бриллиант — панделок весом 13,34 метрического карата. Большой бриллиант демонстрировался на Парижской выставке 1900 года. Вскоре после этого он был продан и, сменив нескольких владельцев, был приобретен Полем-Луи Вейллером для вашингтонского Смитсоновского института и выставлен на обозрение.

«Империал», «Виктория», или «Большой белый алмаз». В 1884 году на лондонском алмазном рынке появился крупный алмаз, получивший не меньше трех названий; вероятно, он был контрабандой вывезен из Кейптауна. Судя по виду алмаза, он был найден на руднике Ягерсфонтейн. Его первоначальный вес составлял 469 метрических каратов. При обработке камня в Амстердаме из него было получено два бриллианта, из которых один был более крупный, имел овальную форму и весил 185 метрических каратов, а второй, меньший, представлял собой круглый бриллиант весом 20 метрических каратов. Большой бриллиант был продан Низаму из Хайдарабада за 20 000 фунтов.

«Дю Тойт». Два больших алмаза получили имя «Дю Тойт» по названию рудника Дютойтспан в Кимберли, где они были найдены. Более крупный, «Дю Тойт-I», был найден в 1878 году и весил 250 метрических каратов. Меньший, «Дю Тойт-II», был обнаружен гораздо раньше, в 1871 году, и весил 127 метрических каратов. Оба камня имели желтоватый оттенок.

«Дютойтспан». В 1964 году на этом же руднике был найден третий крупный алмаз, представляющий собой бледно-желтый октаэдр весом 253,7 метрического карата и имеющий размер 3,81 × ×3,17 см. Этот поразительный камень приобрел Г. Уинстон, который подарил его Смитсоновскому институту в память мистера Эрнста Оппенгеймера, бывшего председателя объединенной компании «Де Бирс». Желтый октаэдр меньшего размера весит 167 каратов.

«Портер-Родс». 12 февраля 1880 года на участке мистера Портер-Родса на руднике Кимберли был найден голубовато-белый алмаз, названный по имени владельца участка. Он весил 153,5 метрического карата и представлял собой редкий экземпляр алмаза не только из-за своих размеров, но и благодаря своим качествам; подобного алмаза с того времени в Южной Африке не находили. В 1937 году алмаз перешел в частное владение, был увезен в Индию и переогранен в бриллиант изумрудной огранки весом 56,6 карата.

«Стюарт». В 1872 году в копях на реке Вааль был найден очень крупный алмаз, превосходящий по размерам все обнаруженные до того времени южноафриканские алмазы; известно, что в конечном итоге он был продан за 9000 фунтов. Вес камня был равен 296 метрическим каратам; подобно многим южноафриканским алмазам, он имел слабый желтоватый оттенок. Из этого алмаза был изготовлен бриллиант весом 123 метрических карата.

«Де Бирс». В 1888 году на руднике «Де Бирс» был найден бледно-желтый кривогранный октаэдр, весивший 428,5 карата (440 метрических каратов). Свое название алмаз получил в честь рудника «Де Бирс». Из него был огранен бриллиант весом 234,5 метрического карата, который приобрел индийский принц.

«Звезда Южной Африки», или «Дадли». Первый южноафриканский алмаз значительных размеров был обнаружен в копях на реке Вааль. Нашли алмаз дети местного жителя, у которого в 1869 году его приобрел мистер ван Ньекирк. Этот владелец перепродал алмаз за 11 200 фунтов. Качество алмаза было превосходным, вес необработанного камня составлял 83,5 карата.

Из него был получен грушевидный бриллиант весом 47,7 метрического карата. Бриллиант приобрела графиня Дадли, которой он и обязан одним из своих названий.

«Теннант». На ранней стадии развития промышленности по добыче южноафриканских алмазов, в 1873 году, в руки Джеймса Теннанта, известного лондонского торговца камнями, попал крупный алмаз, который стали также называть «Теннант» по имени торговца. Камень обладал желтым оттенком, весил в необработанном виде 112 каратов. После огранки был получен безупречный бриллиант; при этом вес уменьшился до 68 метрических каратов.

«Желтый алмаз Тиффани». Этот прекрасный оранжево-желтый камень весом 128,5 карата был получен из кристалла, найденного на руднике Кимберли приблизительно в 1878 году и весившего 287,4 метрического карата. (Некоторые, однако, считают, что название этого алмаза — «Рудник Де Бирс» и что он был найден в 1887 году.) Алмаз принадлежит нью-йоркской фирме «Тиффани и К°»; он был выставлен для обозрения в нью-йоркском хранилище этой фирмы. Интересна огранка камня: четырехугольная со скругленными углами; на коронке — сорок граней, на павильоне — сорок девять; табличка и колета отличаются большими размерами.

«Ягерсфонтейн», или «Пэм». Рудник Ягерсфонтейн славится не только описанными выше алмазами «Эксельсиор» и «Юбилей»; на нем были найдены и другие крупные алмазы. Алмаз «Юлиус Пэм», найденный в 1889 году, в необработанном виде весил 248 метрических каратов, после огранки его вес стал 123 метрических карата. Еще один алмаз, обнаруженный в 1881 году, был назван «Ягерсфонтейн»; в необработанном виде он весил 215 метрических каратов. Время находки третьего камня, носящего название «Пэм», не установлено, но это произошло до 1891 года. Вес алмаза в необработанном виде был равен 115 метрическим каратам, после огранки он уменьшился до 56,5 метрического карата. Четвертый крупный камень, весивший 154,5 метрического карата, был найден в 1952 году и приобретен известным коллекционером Г. Уинстоном, по указанию которого он был огранен в бриллиант весом 62,5 метрического карата. В 1967 году был найден коричневый алмаз весом 248,9 метрического карата, ограненный в панделок, весящий 111,9 карата; это самый крупный из известных природных алмазов коричневого цвета.

«Красный крест». Крупный канареечно-желтый бриллиант квадратной формы был передан Лондонским алмазным синдикатом для продажи на аукционе в апреле 1918 года для пополнения

фондов Британского Красного Креста и иерусалимского ордена Св. Иоанна; в честь этого события и было дано название камню.

Камень был найден на рудниках компании «Де Бирс» в Западном Гриквеленде и первоначально весил от 370 до 380 метрических каратов. После огранки его вес уменьшился до 205 метрических каратов. Интересной особенностью этого камня является то, что, если смотреть сквозь табличную грань, можно увидеть серию включений, по форме напоминающую мальтийский крест.

«Тигровый глаз». В октябре 1913 года в Дрочефелде, на реке Вааль, был найден алмаз густого янтарного оттенка. Нашедшие алмаз дали ему имя «Тигровый глаз». В необработанном виде камень весил 178,5 карата; после огранки, которая была сделана в Амстердаме, был получен бриллиант весом 61,5 карата.

«Йонкер». В январе 1934 года на участке, принадлежавшем Якобу Йонкеру, в аллювиальных отложениях Эландсфонтейна, близ Претории, на расстоянии около пяти километров от рудника «Премьер», был найден крупный алмаз, названный «Йонкер» по фамилии владельца участка. Алмаз имел круглую форму, но с одной стороны был ограничен плоскостью скола; по величине он был чуть больше куриного яйца и имел 6,3 см в длину и 3,8 см в ширину. Безупречный камень из класса голубовато-белых алмазов, он весил 726 метрических каратов (около 5 унций). Алмазная корпорация приобрела этот камень приблизительно за 70 000 фунтов и переправила его в Америку Г. Уинстону. При огранке в Нью-Йорке было изготовлено одиннадцать камней изумрудной огранки и один камень огранки маркиза. Самый большой камень, весивший 142,9 карата, позднее был переогранен; при этом его вес уменьшился до 125 каратов (это произошло, когда им владел египетский король Фарук).

«Коленсо». Прекрасный желтоватый октаэдрический кристалл алмаза экспонировался в Британском музее естественной истории в Южном Кенсингтоне. Он был подарен попечительскому совету в 1887 году Джоном Раскином, который в течение всей жизни интересовался драгоценными камнями главным образом с чисто эстетической точки зрения. Он и дал название камню: «В честь моего друга, верного и настойчивого, первого епископа Наталя». Джон Вильям Коленсо (1814—1883), математик, известный многим поколениям студентов своими трудами в области арифметики (1843) и алгебры (1841), в особенности первой работой, был епископом Наталя с 1853 года вплоть до своей смерти в 1883 году. Его критические взгляды на Пятикнижие (разделы Ветхого Завета) вызвали резкую полемику, которую он переносил с кротостью и терпением.

Алмаз «Коленсо» представлял собой почти совершенный октаэдр с характерными знаками на гранях. Он весил 133,145 метрического карата (или приблизительно 1 унцию). 29 апреля 1965 года камень был украден из витрины. Вора поймали, однако кристалл так и не был найден.

«Кубинский Капитолий». Желтый алмаз весом 23 карата был приобретен в 1928 году в Париже за 8000 фунтов; эту сумму собрали по подписке среди рабочих, занятых в то время на строительстве здания Кубинского Капитолия в Гаване. Оправленный в платину и золото, алмаз был врезан в мраморный пол вестибюля, разделяющего Сенат и Палату Представителей, ниже центра восьмилучевой звезды, лучи которой были ориентированы по странам света. От алмаза как от начальной точки велся отсчет расстояний по шоссейным дорогам Кубы. 25 марта 1946 года алмаз был украден, но позже обнаружен и возвращен в Капитолий. Хотя точных данных нет, камень, без сомнения, относится к южноафриканским.

Другие камни. Кроме описанных выше алмазов, на южноафриканских рудниках найден еще ряд крупных камней; многие из них остались безымянными, и об их дальнейшей судьбе ничего не известно. Поскольку ограненные алмазы больших размеров требуют определенных рынков сбыта, вполне вероятно, что в ряде случаев по этой причине и резали алмазы на камни более подходящих размеров, которые было легче продать. В работе Вильямса [1] приведен большой список, содержащий данные о находках камней, весящих более 100 каратов. Достаточно сказать, что этот список включает 16 камней весом от 400 до 500 каратов и четырнадцать камней, вес которых превышает 500 каратов.

4. Алмазы других стран

В аллювиальных отложениях реки Войе, Сьерра-Леоне, в 1945 году был найден алмаз весом 770 каратов. Из него было получено тридцать драгоценных камней. В 1972 году был найден алмаз, весивший 969 каратов. Несколько лет назад в Лесото жена шахтера на участке своего мужа нашла алмаз весом 601,25 карата. Супруги получили за него 126 000 фунтов. Камень сменил много владельцев, пока не был приобретен Г. Уинстоном.

На Калимантане алмазоносные отложения известны с начала XVIII в. Рассказывают, что в 1787 году на Ландакских рудниках близ западного побережья был найден алмаз, весивший 367 ка-

---

[1] *Alpheus F. Williams*, The Genesis of the Diamond, London, 1932, p. 619—635. См. также список знаменитых алмазов: *R. Webster*, Gems, 2nd edition, 1970, p. 777—779.

ратов. В истинности этого рассказа можно усомниться, поскольку могло не быть достаточно компетентного специалиста, который мог бы правильно определить находку. Возможно, это был лишь кусок кварца. Камень «Маттан» принадлежал Маттанскому радже, в честь которого он и получил свое название.

В 1942 году в Венесуэле был найден крупный алмаз весом 155 каратов. Его назвали «Либертадор» — «Освободитель» в честь Симона Боливара, освободившего Венесуэлу в прошлом столетии. Обработка алмаза производилась в Нью-Йорке, где из него было получено несколько камней; вес самого крупного из них составлял примерно 40 каратов.

б. Другие драгоценные камни

В отличие от алмазов среди множества других драгоценных камней очень мало камней, вошедших в историю с громкими именами. Причина этого, вероятно, кроется в необычайной твердости алмаза; это свойство, с тех пор как известен алмаз, поставило его в привилегированное положение по сравнению с другими видами драгоценных камней.

1. «Рубин Черного принца»

Знаменитый красный камень, известный под названием «Рубин Черного принца»,— одна из величайших драгоценностей среди сокровищ Британской короны; никакой другой камень не может с ним сравниться по романтичности его истории. Где найден этот камень, неизвестно. Первое упоминание о нем относится к 1367 году, когда он находился в сокровищнице короля Гранады, частью которой хитростью завладел дон Педро, король Кастилии, что само по себе было необычно в те суровые времена, когда правом была сила. При этом дон Педро прежде всего лишил несчастного обладателя драгоценностей жизни. В битве при Нагере близ Витории, в северной Испании, дон Педро получил ценную военную помощь от Черного принца, храброго сына Эдуарда III, и в награду за это подарил ему рубин. Шлем, увенчанный этим драгоценным камнем, был на Генрихе V в победный день Агинкорта и спас ему жизнь. Шлем был проломлен сильным ударом, нанесенным подкравшимся близко герцогом д'Алансоном, но, к счастью, ни обладатель шлема, ни рубин не пострадали. По распоряжению Английской Республики (1649—1660 гг.) все драгоценности короны надлежало распродать. Среди них был и «Рубин Черного принца», по описи оцененный всего в четыре фунта. Даже если допустить, что в то время деньги имели более высокую покупательную стоимость, эта цена представляется до смешного низкой. Что произошло

с камнем, неизвестно, но можно легко представить, что некий сторонник монархии приобрел его на распродаже, а когда король вновь стал править страной, вернул камень в королевскую казну; в первой короне Карла II, сохранившейся до наших дней, есть гнездо, которое, судя по его характерной форме, могло быть заготовлено только для «Рубина Черного принца».

«Рубин Черного принца» и ныне занимает особое место на Государственной имперской короне — он находится в центре переднего креста. Камню не пытались придать какую-либо форму, его поверхность просто отполировали. Таким образом, он имеет неправильную форму и в длину достигает приблизительно 5 см. С одного конца камень был просверлен, чтобы его можно было носить как кулон, но в настоящее время в отверстие вставлен маленький рубин.

Эта замечательная драгоценность была названа рубином в те времена, когда под таким названием объединяли все красные камни. В описи, изготовленной по указанию Английской Республики, этот драгоценный камень значится как шпинель («большой рубин-балэ»). Красная шпинель является менее ценным камнем по сравнению с настоящим рубином, но что касается «Рубина Черного принца», то не очень важно, что́ это был за камень на самом деле, поскольку его ценность заключается в его романтической истории и длительной связи с Британской короной. Поэтому трудно назвать даже предположительно его цену.

2. «Рубин Тимура»

Среди ценностей Британской короны есть великолепная красная шпинель, известная на Востоке вот уже в течение 600 лет под названием «Джирах-и-Алам» («Дань мира»), а на Западе под названием «Рубин Тимура». Вместе с тремя более мелкими, но подобными шпинелями, несколькими жемчужинами и изумрудным ободком этот камень в 1831 году был преподнесен королеве Виктории директорами Ост-Индской компании. Считается, что этот камень намного превосходит самые крупные известные шпинели; по имеющимся сведениям, вес камня составляет 352 карата (361 метрический карат), а вес трех более мелких шпинелей равен 94 (96), 72 (74) и 34 (35) каратам соответственно (в скобках приведен вес камней в метрических каратах). «Рубин Тимура» и два других камня покрупнее, располагающиеся по обеим его сторонам, являются частью ожерелья, состоявшего когда-то из кистей и звеньев-трезубцев, соединенных с алмазами; из самой маленькой третьей шпинели сделана застежка. Ожерелье осталось почти таким же, как прежде, если не считать того, что прикрепленные к нему алмазные капельки теперь используются в других целях. Обычно ожерелье находится в Индийской комнате Букингемского дворца.

К счастью, была сохранена первоначальная индийская огранка всех этих шпинелей, а на «Рубине Тимура» еще сохранились письмена. По ним камень и был опознан[1]: ведь долгое время считалось, что он утерян. Так как «Рубин Тимура» не огранен, он отражает сравнительно мало света и поэтому кажется довольно темным. Самая большая надпись персидская, но сделана она арабским шрифтом. Вот полный ее перевод: «Это рубин из двадцати пяти тысяч подлинных драгоценностей царя царей султана Сахиба Кирана, попавший в Исфаган в году 1153 (1740 н. э.) из сокровищницы Индустана». Остальные пять надписей также персидские, но написаны персидским шрифтом; это имена правителей, которые обладали «Рубином Тимура», и соответствующие даты: Шах-Акбар; Шах-Джахангир, 1021 (1612 год н. э.); Сахиб Киран Сани, 1038 (1628 год н. э.); Шах-Аламгир, 1070 (1659 год н. э.); падишах Гази Махамад Фарук Сийяр, 1125 (1713 год н. э.); Ахмад-шах-Дурр-и-Дауран, 1168 (1754 год н. э.). Даты, приведенные в надписях на камне, относятся к летоисчислению от Хиджиры. Вначале на камне были и имена трех его первых владельцев, но эти надписи были удалены при Шах-Джахангире или одном из его наследников.

Из записей явствует, что эта шпинель представляет собой знаменитый камень, попавший в руки прославленного восточного завоевателя Тимура, или Тимура-и-Ленга (Хромого Тимура), известного европейцам под именем Тамерлана, а в мусульманском мире — под именем Сахиба Кирана (Господин благоприятствующих планет), во время захвата Дели в 1398 году. Вероятно, возвращаясь в Персию, он увез камень с собой в Самарканд. Тимур родился в 1336 году. Он пронес свои победные знамена от Персидского залива до Волги и от Ганга до Геллеспонта. Тимур замышлял и нападение на Китай, однако этому не суждено было осуществиться: в 1405 году он умер.

Наследником Тимура был четвертый его сын, Мир-Шахрух, чье имя прежде тоже было начертано на камне. Этого правителя в 1447 году сменил его сын, Мирза Улугбек, известный астроном, чье имя также было выгравировано на камне. Мирза Улугбек был убит собственным сыном в 1449 году. После смерти последнего из династии Тимура власть перешла к семье Сафави. Наиболее выдающимся ее представителем был шах Аббас Сафави, правивший с 1587 по 1629 год; его имя также было вырезано на камне.

Шах Аббас Сафави подарил «Рубин Тимура» Великому Моголу Джахангиру, который повелел начертать на нем свое собственное имя и имя своего отца, Великого Акбара; возможно, он приказал уничтожить прежние надписи. Джелладин Мохаммед Акбар, родившийся в 1542 году и умерший в 1602 году, начал править госу-

[1] Engraved spinel rubies. India Office paper by Lieut.-Col. Sir James R. Dunlop Smith, 21 March 1912.

дарством в 1556 году; он был величайшим и мудрейшим правителем среди Великих Моголов. Сын его, Джахангир (или Джехангир — Завоеватель мира), родился в 1569 году, а умер в 1627 году. Его сменил Шах-Джехан, которого всегда будут помнить благодаря архитектурному шедевру в Агре — мавзолею Тадж-Махал, который был построен как памятник любимой жене Шаха-Джехана, Мумтаз-и-Махал, и в котором погребен и сам шах. Это по его приказу был сооружен Павлиний трон в Диван-и-Ам (Зале приемов) в Дели, украшенный бесчисленным множеством драгоценных камней, среди которых находился и «Рубин Тимура». Когда шах решил вырезать на камне свое имя, он назвал себя Сахиб Киран Сани (Второй господин благоприятствующих планет); это имя когда-то принадлежало Великому Тимуру. Благоприятствующими планетами были Венера и Юпитер. В 1658 году Шах-Джехан был свергнут своим третьим сыном Аламгиром (Завоеватель мира), чье имя вырезано на камне. Более широко этот правитель известен как Аурангзеб (Украшение трона). Он умер в 1707 году. Имен двух императоров, которые один за другим правили после Аламгира, на «Рубине Тимура» нет. Следующее имя на камне — это имя Махамада Фарука Сийяра, правившего с 1713 по 1718 год. Вскоре могущество Великих Моголов стало ослабевать все больше и больше, и во время правления Шах-Мухамеда, который вступил на престол в 1719 году, династия пала: в 1739 году шах Надир вторгся в Индию и захватил Дели. Среди огромной добычи, оцениваемой суммой от восьми до тридцати миллионов фунтов стерлингов, которая была доставлена в Персию, находился и «Рубин Тимура», хранивший летопись времен. Среди добычи был и алмаз «Кох-и-Нор». В дальнейшем эти камни перешли во владение Ранджита Сингха, о котором уже упоминалось выше.

«Рубин Тимура» оставался в Лахоре до 1849 года, до присоединения Пенджаба после второй сикхской войны, когда все государственные драгоценные камни перешли к Ост-Индской компании. По-видимому, драгоценности никто тщательно не изучал; узнали только крупный алмаз, который был отправлен со специальным посыльным королеве Виктории; остальные драгоценности, в том числе и «Рубин Тимура», были упакованы и отправлены в Лондон обычным транспортом. Все драгоценные камни, и в частности знаменитый алмаз, демонстрировались на Большой выставке в 1851 году. «Рубин Тимура» все еще не был узнан, и вместе с тремя красными шпинелями, которые сопутствуют ему и в наши дни, его без названия занесли в официальный каталог, где была сделана такая запись: «Короткое ожерелье из четырех очень крупных шпинель-рубинов». И камень, и связанная с ним длинная романтическая история пребывали в забвении еще шестьдесят лет, пока наконец «Рубин Тимура» не был опознан по сохранившимся на нем письменам.

Следует отметить, что начиная с 1612 года драгоценные камни — «Рубин Тимура» и «Кох-и-Нор» — всегда принадлежали одному владельцу, несмотря на то что без конца переходили из рук в руки, путешествуя из Индии в Персию, оттуда в Афганистан и в Пенджаб и в конце концов в Англию.

3. «Сапфир Святого Эдуарда»

В центре креста Государственной имперской короны находится красивый сапфир густого оттенка, являющийся самым древним камнем короны. Вероятно, в XVII в. он был огранен розой. Камень этот в необработанном виде, согласно обычаям того времени, был вставлен в кольцо короля Эдуарда Исповедника, вступившего на престол в 1042 году.

4. «Сапфир Стюарта», или «Сапфир Карла II»

В Государственной имперской короне сзади располагается еще один прекрасный сапфир, который имеет 3,8 см в длину и 2,5 см в ширину. Этот камень находился в короне Карла II, но был похищен Яковом II при его побеге во Францию в 1688 году. От него камень перешел к сыну, Якову Эдуарду, Старому Притворщику, а затем к сыну Якова Эдуарда, Генриху Святому, кардиналу Йоркскому, который завещал сапфир Георгу III вместе с другими драгоценностями Стюартов.

При коронации королевы Виктории «Сапфир Стюарта» помещался в Государственной имперской короне спереди, на диадеме, под «Рубином Черного Принца». При коронации Генриха V сапфир заменили на алмаз «Звезда Африки-II», а сам сапфир поместили сзади в центре; это положение камень занимает и в настоящее время.

5. «Рубин Эдуардс»

В Британском музее естественной истории находится прекрасный кристалл рубина. Он был подарен музею в 1887 году Джоном Раскином, который сопроводил свой подарок такими словами: «В честь непобедимого военного братства и справедливости правления сэра Герберта Эдуарда на берегах Инда».

Кристалл полупрозрачный, густо окрашенный; можно видеть большую плоскость основания с треугольными знаками. Весит рубин 167 метрических каратов.

6. «Девонширский изумруд»

В 1831 году дон Педро, бывший король Бразилии, приехавший в Европу после своего отречения, подарил шестому герцогу Девонширскому великолепный кристалл изумруда, добытый в

знаменитых колумбийских копях Мусо в Южной Америке. Кристалл имеет характерную для изумруда форму, а именно форму шестиугольной призмы, заканчивающейся плоской гранью основания; другой конец кристалла, как обычно, неровный, поскольку кристалл был выломан из материнской породы. Кристалл, как это свойственно изумрудам из Мусо, разбит многочисленными мелкими трещинами; несомненно, по этой причине он не был использован

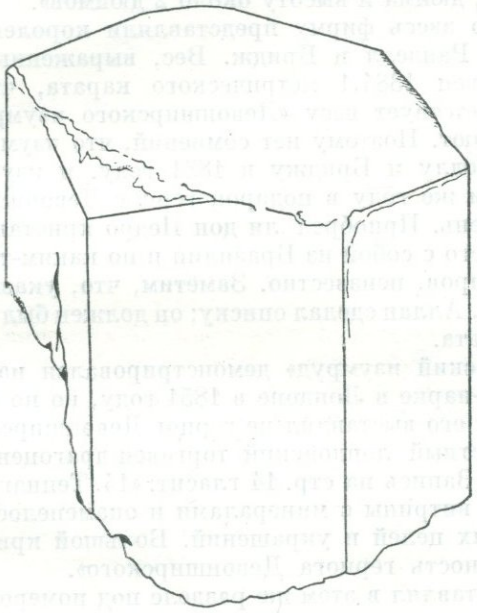


Рис. 117. «Девонширский изумруд».

в ювелирном деле. В одном из углов верхней части кристалла проходит трещина, возникшая, очевидно, в результате когда-то полученного удара, а в основании еще сохранился небольшой кусочек вмещающего кальцита. Кристалл (рис. 117) имеет 5 см в поперечнике, и примерно столько же составляет его максимальная высота. Он весит 1383,95 метрического карата (около 10 унций) и обладает густо-зеленым цветом подлинного изумруда.

Об истории «Девонширского изумруда» известно очень мало. В описании Четсуорса просто указано, что кристалл был получен в дар от дона Педро в 1831 году. В рукописном каталоге коллекции Аллана — Грега[1] в Британском музее имеется упоминание

[1] Эта коллекция была куплена в 1860 г. Управлением Британского музея у Роберта Гайда Грега (1795—1875); она включает коллекцию эдинбургского банкира Томаса Аллана (1777—1833), приобретенную после его смерти Грегом.

о прекрасном изумруде, в котором можно безошибочно узнать «Девонширский изумруд». Составитель каталога Томас Аллан против даты 1831 и номера 85 его коллекции, под которым описан кристалл ромбоэдрического изумруда, сделал пометку и написал: «Среди камней, принадлежащих фирме «Ранделл и К°», я видел другой прекрасный кристалл, весящий 8 унций и 18 гранов, или 1043 карата, имеющий совершенную форму, размеры в диаметре $2^1/_4$, $2^1/_8$ и $1^7/_8$ дюйма и высоту около 2 дюймов».

Указанную здесь фирму представляли королевские ювелиры того времени Ранделл и Бридж. Вес, выраженный в тройских единицах, равен 1384,1 метрического карата, что в пределах ошибки соответствует весу «Девонширского изумруда»; размеры также совпадают. Поэтому нет сомнений, что изумруд, принадлежавший Ранделлу и Бриджу в 1831 году, и изумруд, который получил в том же году в подарок герцог Девонширский,— один и тот же камень. Приобрел ли дон Педро кристалл у компании, привез ли он его с собой из Бразилии и по каким-то причинам оставил у ювелиров, неизвестно. Заметим, что, указывая в цифрах вес кристалла, Аллан сделал описку; он должен был написать 1343, а не 1043 карата.

«Девонширский изумруд» демонстрировался на Большой выставке в Гайд-парке в Лондоне в 1851 году, но по каким-то неясным причинам его выставлял не герцог Девонширский, а Джеймс Теннант, известный лондонский торговец драгоценными камнями того времени. Запись на стр. 14 гласит: «14. Теннант Дж., Стрэнд, 149 — четыре витрины с минералами и окаменелостями для обучения, научных целей и украшений. Большой кристалл изумруда — собственность герцога Девонширского».

Герцог выставлял в этом же разделе под номером 531 большой кристалл кварца; трудно понять, почему он не мог точно так же представить «Девонширский изумруд». Последний снова был показан на выставке в Уайт-Сити, в Лондоне, в 1914 году, но в каталог внесен не был. С июля 1936 года по январь 1950 года камень находился в Британском музее, куда его отдал на это время герцог Девонширский. В период второй мировой войны изумруд не демонстрировался, так как был спрятан в целях безопасности. В 1949 году в Лондоне на выставке Ассоциации торговцев ювелирными изделиями кристалл был показан вновь; кроме того, он выставлялся еще раз в музее города Бирмингема в 1955 году.

7. «Хризоберилл Хоуп»

Прекрасно ограненный хризоберилл, который однажды демонстрировался вместе с более известным синим алмазом из коллекции Хоупа и при ее распродаже был приобретен Британским музеем, экспонируется в Галерее минералов Британского музея

естественной истории. Совершенно безупречный желтовато-зеленый камень весит 45 метрических каратов; вероятно, это самый прекрасный пример огранки хризобериллов такого типа. Камень описан и изображен в каталоге коллекции[1], где приведен вес 175 гранов (56,7 метрического карата). Вероятно, это общий вес кольца, хризоберилла и окружающих его бриллиантов.

[1] «1. Самый восхитительный хризоберилл почти круглой формы, глубокого желтовато-зеленого оттенка, приближающегося к цвету перидота, имеющий прекраснейшую огранку, подобную бриллиантовой. Этот необычайной красоты драгоценный камень обладает самым сильным блеском и прозрачностью, в нем нет пятен и трещин; его чрезвычайно большие размеры и полное совершенство дают право назвать его единственным в своем роде экземпляром. Можно считать его одним из редчайших образцов цимофана; камни подобного веса, размера и совершенства в этом классе драгоценностей чрезвычайно редки. Хризоберилл вставлен в кольцо и окружен мелкими бриллиантами. Вес изделия 175 гранов; см. табл. 21».

III

Описание

А. ГЛАВНЫЕ ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ

19

Алмаз

Алмаз занял первое место в ряду драгоценных камней с тех пор, как его искусно ограненные формы, известные под названием бриллиантов, выявили все совершенство удивительных свойств этого минерала. И действительно, он сочетает исключительную твердость, высокое светопреломление, сильную дисперсию и яркий блеск. Сырой алмаз, особенно встречающийся в различных отложениях, часто имеет довольно невзрачный вид и непривлекателен для глаз. Поэтому легко понять, почему персы в XIII в. помещали алмаз в ряду драгоценных камней за жемчугом, рубином, изумрудом и даже хризолитом, а авторы Средневековья часто ценили его ниже изумруда и рубина. Индийские камнерезы, которые первые поняли, что алмаз можно полировать алмазным же порошком, обнаружили, сколь замечательный внешний вид приобретает этот камень при удалении «рубашки». Однако они не придавали камню определенную форму, а лишь полировали естественные грани и добавляли многочисленные небольшие площадки в тех случаях, когда хотели скрыть изъяны. Действительно, знаменитый путешественник Тавернье, которому мы обязаны знаниями о развитии горного дела в Индии, неизменно находил, что камни с многочисленными гранями-фасетками имеют много изъянов. Ослепительная красота алмаза открывается только тогда, когда он огранен в форму бриллианта. Следует отметить, что название «алмаз» произошло от слова «адамас» — так называли минерал, который, как полагали во времена Плиния, превосходил по качеству прочие камни; однако термин «адамас» Плиний явно использовал для обозначения и других минералов, помимо того

несравненного камня, который со времен Средневековья известен как diamond (алмаз)[1].

Название diamond происходит от латинского слова adamantem и его распространенной формы adiamentem, которые созвучны греческому слову ἀδάμας, означающему «несокрушимый», что содержит намек не только на значительную твердость, но и на ошибочное представление о том, что алмаз может противостоять любому удару[2]. Слово «борт» происходит, вероятно, от старофранцузского bord, или bort (неполноценный). «Карбонадо» — португальское слово, означающее «углистый», оно употреблялось для обозначения плотных зернистых разновидностей алмаза, встречающихся в Бразилии.

Из всех драгоценных камней алмаз имеет наиболее простой химический состав — он представляет собой просто кристаллический углерод С. В нем часто присутствуют примеси, главным образом окись железа и кремнезем со следами извести и магнезии, но количество примесей обычно не превышает 5%. Именно примесь окислов железа обусловливает желтоватый оттенок, который столь характерен для алмазов нечистой воды, особенно для камней из Южной Африки, и который снижает их ценность. Углерод диморфен, другая его кристаллическая разновидность — графит. Поистине, природа превзошла самое себя, создав из одного и того же элемента вещества со столь различными и противоположными свойствами, как твердый, блестящий и прозрачный алмаз и мягкий, маркий и непрозрачный графит. Каждое из этих веществ обладает присущими ему достоинствами. Алмаз, помимо того, что он превосходит по качествам все другие драгоценные камни, находит применение в промышленности в качестве режущего и абразивного материала. Графит употребляется для изготовления карандашей, для чистки кухонных плит, а в смеси с глиной — для изготовления огнеупорных тиглей. Кроме того, он неоценим как смазочный материал, особенно при работах под большой нагрузкой. Оба минерала существуют в природе, не обнаруживая заметной тенденции переходить один в другой. Действительно, для того чтобы кристалл алмаза почернел при нагревании без доступа кислорода, т. е. для того чтобы он частично превратился

[1] «Вещество, которое отличается наибольшей ценностью не только среди драгоценных камней, но и среди всего, чем может обладать человек, есть адамас — минерал, который на протяжении веков принадлежал лишь царям, да и то лишь немногим из них. Таково название, данное узловатым самородкам золота, которые иногда, хотя и редко, находят в рудниках в тесном соседстве с обычным золотом и которые, как полагают, только там и встречаются».

[2] «Ныне впервые выделяется шесть видов адамаса ...Все эти камни можно испытать на наковальне, и они столь неподатливы к удару, что железный молот может расколоться надвое и даже сама наковальня может сдвинуться с места. Действительно, твердость адамаса необыкновенна» (Плиний).

в графит, необходима очень высокая температура (по крайней мере 1500°). (При нагревании в атмосфере кислорода или даже на воздухе алмаз окисляется до CO или CO_2 при температурах около 800°C.)

Борт (bort, или, как иногда пишут, boart) представляет собой скрытокристаллическую форму, в которой кристаллы алмаза расположены беспорядочно, без определенной ориентировки. Этот термин используется также для обозначения кристаллов и их обломков, не находящих применения в ювелирном деле; такие кристаллы измельчаются и используются для резания и полировки. Карбонадо, или черный алмаз, также является скрытокристаллической разностью алмаза и представляет собой неоднородную массу еще более мелких кристаллов; он имеет черный цвет, непрозрачный или только просвечивающий. В скрытокристаллических формах отдельные кристаллы не способны раскалываться по определенным направлениям. По этой причине такие массы обладают исключительной твердостью алмаза, но не раскалываются под воздействием сильного удара; они кажутся более твердыми, чем одиночные кристаллы алмаза. Карбонадо пользовался большим спросом для изготовления режущих инструментов[1].

Об абсолютно прозрачных и свободных от изъянов алмазах говорят, что они «чистой воды». Такие алмазы, когда они не обладают каким-либо цветовым оттенком, за исключением, возможно, голубоватого, ценятся наиболее высоко. Камни со слабым желтоватым оттенком называются камнями «нечистой воды» и ценятся значительно ниже. Иногда предпринимались попытки улучшить камни нечистой воды, покрывая их базальные грани голубой пленкой. Такую пленку обычно можно удалить, промывая камень в бензоле, метиловом спирте или даже в горячей воде, но если эти способы не помогают, можно использовать и кислоту. Определенную привлекательность имеют камни канареечно-желтого цвета, которые, однако, относятся к другой категории. Обычны также зеленоватые камни, хотя действительно хороший оттенок этого цвета редко выдерживается в пределах целого кристалла. Нередки коричневые камни, особенно из Южной Африки. Розовые камни менее обычны, а рубиново-красные, розовато-лиловые и синие камни редки. Камни, обладающие последним из перечисленных цветов, имеют, как правило, «стальной» оттенок. Сапфирово-синие камни встречаются исключительно редко и стоят весьма дорого. Для обозначения алмазов с черными пятнышками углистого материала внутри используют французское слово «пике» (piqué), означающее «исколотый» или «пятнистый от укусов насекомых».

[1] О техническом использовании алмаза см.: *П. Н. Киселев*, «Технические алмазы», «Недра», 1964.

Алмаз кристаллизуется в виде октаэдров (рис. 118) со сверкающими гладкими гранями и реже — в виде кубов с грубо протравленными гранями. Иногда вместо каждой из граней октаэдра развиваются три или шесть граней, и камень приобретает почти сферическую форму. Поверхности граней кристаллов часто усеяны равносторонними треугольными углублениями, которые возникают вследствие травления и растворения[1]. Часто наблюдающееся искривление ребер кристаллов является результатом последовательного отступания плоскостей роста. Обычны двойники, в которых два отдельных кристалла соединяются вместе или

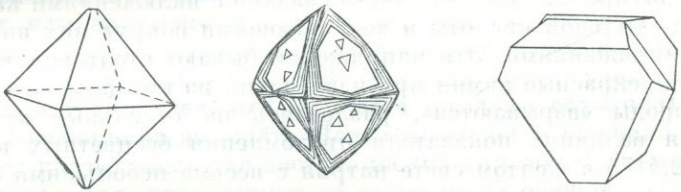


Рис. 118. Кристаллы алмаза.

прорастают друг друга, а также звездчатые формы. Иногда октаэдрические кристаллы изумительно симметричны. Округлые кристаллы нередко покрыты смолоподобной оболочкой, которая мягче самого кристалла. Большое число природных кристаллов алмаза экспонируется в коллекции драгоценных камней Геологического музея в Лондоне[2].

Определение структуры кристалла алмаза явилось одним из наиболее ранних достижений рентгеноструктурного анализа. Схема упаковки углерода в структуре алмаза приведена на рис. 40; видно тетраэдрическое расположение атомов в кристалле. Детальное изучение прозрачности алмазов в ультрафиолетовых лучах показало, что алмазы можно подразделить на несколько типов. Обычный тип I прозрачен только для лучей с длиной волны около 3000 Å и содержит свободный азот. Более редкий тип II имеет границу полосы поглощения, соответствующую длине волны 2250 Å. Эту группу на основе различий в фосфоресценции можно подразделить на типы IIa и IIb. Остальные физические свойства являются, по-видимому, одинаковыми для всех типов, и в настоящее время вышеприведенное подразделение не имеет непосредственного значения для использования алмазов в качестве драго-

[1] *S. Tolansky*, Microstructures of Diamond Surfaces, London, 1955. [По этому вопросу см. прекрасную книгу *Ю. Л. Орлова* «Минералогия алмаза», «Наука», 1973.— *Прим. ред.*]

[2] В СССР хорошие кристаллы алмаза демонстрируются в Алмазном фонде и в Минералогическом музее АН СССР в Москве.— *Прим. ред.*

ценных камней. Однако оно интересно с точки зрения окраски алмазов, как естественной, так и наведенной облучением[1], а также для суждения о происхождении алмазов. Вначале считали, что алмазы типа II не содержат азота, но сейчас полагают, что между обогащенным азотом типом I и бедным этим элементом типом II существуют постепенные переходы.

Было обнаружено, что карбонадо имеет скрытокристаллическую структуру, состоящую из связанных в единую массу мельчайших кристаллов алмаза.

Алмаз не обладает двупреломлением, но отдельные зоны кристаллов двупреломляют, что часто связано с включениями капелек жидкой угольной кислоты и возникающими вокруг них внутренними напряжениями. Эти напряжения бывают столь велики, что многие прекрасные камни при извлечении из вмещающей их горной породы «взрываются», разлетаясь на отдельные кусочки. Средняя величина показателя преломления бесцветных камней равна 2,4175 в желтом свете натрия с весьма небольшими отклонениями (до 0,0003), что свидетельствует о чистоте состава. С увеличением количества примесей величина показателя преломления увеличивается до максимального значения 2,421. Показатель преломления камней нечистой воды лежит в интервале между этим значением и 2,419. Дисперсия для интервала $B - G$ равна 0,044, и в этом отношении алмаз превосходит все бесцветные камни, но уступает касситериту, сфену (титаниту) и зеленому гранату (демантоиду), а также синтетическому рутилу и синтетическому титанату стронция. Блеск полированного алмаза настолько характерен, что был назван «алмазным»; он обусловлен сочетанием высокого светопреломления и исключительной твердости. Алмаз, в отличие от стекла, прозрачен для рентгеновских лучей. Он фосфоресцирует под действием лучей, лежащих за пределами фиолетовой части видимого спектра, даже под действием коротковолнового излучения эманаций радия. Некоторые, но не все алмазы флюоресцируют в ультрафиолетовых лучах в голубых или желтовато-зеленых тонах. Многие из них светятся в темноте после выдержки на солнечном свету, а некоторые даже излучают свет, если их потереть,— явление, известное под названием триболюминесценции.

Путем облучения алмазу можно придать искусственную окраску. Бомбардировка нейтронами вызывает зеленую окраску, причем ее интенсивность зависит от дозы облучения. Если такой зеленый алмаз нагревать, то цвет его изменяется, приобретая различные оттенки желтизны, но не исчезает полностью даже при высокой температуре. Бомбардировка электронами придает синюю

[1] *B. W. Anderson*, The classification of diamonds on the basis of their absorption and emission of light, The Journal of Gemmology, 1963, vol. 9, p. 44—54.

окраску. Камни с естественной синей окраской можно отличить по их полупроводниковым свойствам. Цвет облученных алмазов объясняется, по-видимому, «радиационным нарушением» структуры кристалла, которая лишь частично восстанавливается при нагревании.

Удельный вес алмазов довольно постоянен, хотя он, естественно, более изменчив, чем показатель преломления, поскольку на его величину влияют включения газов и минералов, в то время как на показателе преломления эти факторы не сказываются. Средняя величина удельного веса для кристаллов равна 3,520 с возможными колебаниями, достигающими 0,010, причем удельный вес камней нечистой воды выше. Для высококачественного карбонадо средняя величина удельного веса равна 3,45 с колебаниями до 0,05; низкосортный материал имеет удельный вес всего лишь 3,10. Удельный вес борта (средняя величина) равен 3,501 с колебаниями до 0,004. Довольно высокие значения удельного веса указывались для австралийских алмазов. Недавние точные определения, проведенные на серии из 35 алмазов, дали преимущественно низкие значения удельного веса, колеблющиеся от 3,51477 до 3,51554, в среднем 3,51532 г/см^3 при температуре 25°С. Кристаллы, относящиеся к типу I, дают более высокие значения и имеют меньшие пределы колебаний, чем кристаллы типа II[1].

Укажем следующие величины показателя преломления и удельного веса отдельных алмазов. Все перечисленные ниже камни происходят из Южной Африки (кроме тех, для которых источник указан особо). Показатель преломления: белые — 2,4174, 2,4175, 2,4177, 2,4184, 2,4186, 2,4188; канареечно-желтый — 2,4191, золотистый — 2,4205. Удельный вес (вес в метрических каратах указан в скобках): голубовато-белый — (11,504), 3,515; неотполированный желтовато-зеленый из Бразилии — (38,217), 3,521; октаэдрический из Индии — (57,627), 3,522; белый — (13,812), 3,527. Для каждого из перечисленных ниже алмазов в скобках указан вес в метрических каратах, а затем приводятся удельный вес и показатель преломления: капский серебристый — (6,632), 3,523, 2,4190; капский — (11,740), 3,523, 2,4200; коричневый — (7,685), 3,518, 2,4180; красновато-коричневый — (около 2), 3,518, 2,4192; голубовато-стальной — (5,055), 3,523, 2,4192.

Алмаз — наиболее твердое вещество из всех, встречающихся в природе. Он отмечен Моосом в его шкале твердости баллом 10, но различие в твердости между алмазом и корундом, который имеет твердость 9 по шкале Мооса, огромно. Трудно измерить абсолютную твердость алмаза, но различные методы определения относительной твердости дали цифры, указывающие, что алмаз

[1] Journal of Applied Physics, 1964, vol. 35, p. 1773—1778.

в 90—180 раз тверже корунда. Гранильщики опытным путем нашли, что твердость алмаза меняется в зависимости от направления в кристалле, причем направление, соответствующее грани октаэдра, характеризуется наибольшей твердостью, а направление, отвечающее грани куба,— наименьшей. Эти наблюдения подтверждаются многочисленными детальными исследованиями твердости алмаза при шлифовке в различных направлениях. Гранильщики отмечают также, что алмазы с Калимантана и из Нового Южного Уэльса заметно тверже, чем алмазы из Южной Африки, с которыми они обычно имеют дело. Трудно предположить, что похожие кристаллы могут отличаться по твердости, и отмеченный парадокс связан, вероятно, с существованием двойников, которые невозможно установить оптическими методами, поскольку алмаз не обладает двупреломлением. Искусственные материалы, такие, как карборунд (карбид кремния) и боразон (кубический нитрид бора), обладают твердостью, сравнимой с твердостью алмаза.

Несмотря на свою исключительную твердость, алмаз под воздействием сильного удара легко раскалывается по плоскостям, параллельным граням правильного октаэдра; он имеет четыре направления спайности. Как указывалось выше, это свойство алмаза используется для того, чтобы придать камням определенную форму еще до их огранки и шлифовки. Вплоть до начала нынешнего столетия бытовало ошибочное, но не столь уж противоестественное мнение, что алмаз может противостоять удару молота, даже будучи помещен на наковальню. Полагали, что это является надежным способом испытания, и кто знает, сколько прекрасных камней было раздроблено вследствие этого заблуждения? Тот факт, что алмаз можно расколоть, был известен индийским камнерезам еще во времена путешествия Тавернье, а по свидетельству Боодта, способность алмаза раскалываться была известна в XVI в. и в Европе, но в те времена этому обычно не верили, и это знание вскоре было забыто. В начале нынешнего века знаменитый химик и минералог, первооткрыватель палладия и родия В. Х. Волластон вновь открыл это свойство и использовал свое знание, так сказать, не без выгоды, покупая крупные алмазы, которые из-за их неудачной формы или наличия изъянов отвергались ювелирами, и продавая их вновь после того, как раскалывал их на камни подходящей формы.

Выше уже было отмечено, что различие в твердости между алмазом и корундом, который следует за алмазом в шкале твердости Мооса, гораздо больше, чем между корундом и наиболее мягким из минералов. Поэтому алмаз можно полировать только с помощью алмазного же порошка, и огранка алмазов отличается от огранки других драгоценных камней. Вследствие этого в ювелирном деле различают обработку алмазов, с одной стороны, и обработку всех других драгоценных камней — с другой.

В настоящее время алмазам придают форму главным образом бриллиантов и только небольшие алмазы гранятся в форме розы. С возрастанием роли механических станков для огранки драгоценных камней появилась тенденция придавать камню в его экваториальной плоскости круговое сечение или форму, представляющую собой сочетание двух таких сечений, вместо удлиненного сечения, которое являлось первичной формой, или квадратного сечения, которое длительное время было излюбленной формой ювелиров. В ряде случаев, например при изготовлении серег или подвесок, используются менее симметричные формы, такие, как каплевидные формы пенделок или бриолет. Иногда экваториальный поясок (рундист) имеет ромбовидную или еще более прихотливую форму. Совершенный бриллиант имеет 58 граней, но небольшие камни могут обладать не более чем 44 гранями, в то время как исключительно крупные камни могут иметь и много больше граней. Например, крупнейший камень, известный под названием «Звезда Африки», являющийся частью алмаза «Куллинан», имеет не менее 74 граней.

При обработке большинства камней, полученных из отдельных очень крупных необработанных алмазов, как, например, «Президент Варгас» и «Йонкер», использовалась огранка типа изумруд, причем преимуществом такой огранки является значительно меньшая потеря веса, чем та, которая произошла бы при бриллиантовой огранке.

Описание свойств алмаза было бы неполным без упоминания других ценных, хотя и имеющих прикладной характер областей его применения. Без помощи алмаза многие виды современных машиностроительных и горных работ были бы невозможны или на них приходилось бы затрачивать очень много времени и средств.

Использование алмазных буровых коронок значительно облегчает процесс бурения твердых горных пород. Рабочая часть современного бурового долота представляет собой отлитое из стали кольцо. На его торце (коронке) имеется ряд правильно расположенных углублений, в которые вкраплены алмазы (ныне обычно для этой цели применяется буровой борт, хотя часто используется и карбонадо). При вращении бурового долота разбуривается кольцеобразная зона горных пород; внутри остается твердый столбик породы — керн, который можно извлечь на поверхность. Для охлаждения долота и для удаления выбуренных частиц горной породы через рабочую зону насосом прокачивается вода. Срок службы алмазов зависит от природы горной породы и мастерства оператора. Наибольшую трудность представляет бурение таких пород, которые сложены минералами, имеющими резко различную твердость; в этом случае алмазы могут быть легко вырваны из своих ячеек. Опытный оператор может по поведению долота определить характер горной породы на забое скважины и, изменяя

давление долота на забой, уменьшить риск порчи долота. Кристаллы алмазов, имеющие соответствующую форму и ограненные под требуемым углом, применяются в режущих инструментах для обработки как металлических, так и неметаллических материалов. В промышленности часто используются также инструменты, покрытые алмазным порошком.

Прочность алмаза делает его наиболее подходящим материалом, используемым при изготовлении тонкой проволоки, в частности нитей накаливания электрических ламп.

Хотя почти все драгоценные камни царапают стекло, успешно отрезать полоску стекла можно только алмазом. Однако для этой цели пригодно не всякое зерно алмаза; иногда алмаз рвет стекло. Лучше всего использовать край, где два ребра кристалла сходятся под острым углом. Этим требованиям лучше всего отвечают два ребра ромбододекаэдра. Камни, используемые в стеклорезах, невелики по размерам, не больше булавочной головки, и по весу достигают в среднем $^1/_{30}$ доли карата. Они вставляются в медную или бронзовую оправу. Для получения хороших результатов при резке стекла необходим некоторый навык.

Ценность алмаза всегда определялась главным образом размером камня. Стоимость одного карата возрастает довольно равномерно для камней весом до 4 каратов и затем резко подскакивает для камней весом 5 каратов и более. Не следует, однако, ожидать, что стоимость карата будет возрастать и далее, более вероятно ее снижение с увеличением веса камня, потому что для крупных камней существует лишь весьма ограниченный рынок сбыта. Стоимость камней низкого качества почти пропорциональна их весу. Другими признаками, которые следует принимать во внимание при оценке стоимости ограненного алмаза, являются цвет, степень совершенства и качество огранки.

Для описания цвета алмазов использовался ряд терминов, таких, как «ягер», «ривер», «вессельтон» и «кейп»; многие из этих терминов происходили от названий южноафриканских месторождений. Приблизительно 60 лет назад эти «старые термины» в значительной степени были вытеснены чисто описательными определениями, например «голубовато-белый», «чисто белый», «светло-желтый». Однако термин «голубовато-белый» был признан бессмысленным, и его не рекомендовали применять. Немецкие ювелиры использовали числовую классификацию цветов от первого до шестого цвета. Для облегчения процедуры определения цвета алмазов был изобретен прибор, который позволял непосредственно сравнивать цвет камня со стандартными цветами[1].

Степень совершенства кристаллов алмаза тесно связана с ко-

[1] *Robert M. Shipley, R. T. Liddicoat*, A solution to diamond color grading problems, Gems and Gemmology, 1941, vol. 3, p. 162—168.

личеством и природой включений, а также с таким физическим дефектом, как трещины спайности. Изучение включений с помощью микроскопа стало важной и увлекательной отраслью науки о драгоценных камнях и часто позволяет получить ценные сведения о их происхождении. При изучении алмазов употребляется лишь 10-кратная ручная лупа, и поскольку при таком обследовании большинство включений кажутся черными, они долгое время были известны под названием угольных. При сортировке алмазов по степени совершенства используется множество терминов: выделяются алмазы от чистых (flawless — бездефектных), через различные градации несовершенных, например *VVSI* (very, very slightly imperfect — весьма, весьма слабо несовершенные), до несовершенных (*IMP* — imperfect), называемых «пике» (piqué) и содержащих включения, различимые невооруженным глазом.

Качество огранки зависит от правильности пропорций (для определения ее изобретены специальные приборы), точности расположения граней и совершенства полировки.

Bywater (или bye) — термин, применяемый для обозначения камней с желтым оттенком; mêlée — небольшие камни различного размера, полученные либо при огранке небольшого необработанного алмаза, либо при огранке частей разрезанного более крупного драгоценного камня и весящие каждый в отдельности менее $^1/_4$ карата; mélange — термин, употребляемый для обозначения более крупных камней различного размера. Небольшие камни оцениваются по весу, а не по индивидуальным качествам.

С открытием месторождений в Южной Африке алмаз быстро стал обычнейшим и широко распространенным драгоценным камнем, и это его положение укреплялось с открытием других алмазоносных площадей на Африканском континенте. Добыча вскоре превзошла по объему емкость мирового рынка, и для воротил алмазодобывающей промышленности стало совершенно очевидным, что необходим контроль за продажей алмазов, а также объединение многочисленных алмазодобывающих предприятий. В соответствии с этим в 1893 г. был учрежден Лондонский алмазный синдикат с целью обеспечить продукции его рудников определенные преимущества и поддерживать уровень цен, приноравливая объем добычи к спросу на мировом рынке.

Соглашение удовлетворительно действовало на протяжении приблизительно 30 лет вплоть до открытия и развертывания работ на других алмазоносных площадях, которые не были представлены в синдикате или не контролировались им (особенно месторождения на юго-западе Африки), что привело к ожесточенной конкуренции, так что синдикат не смог осуществлять эффективный контроль. Однако было признано, что система в целом удовлетворительна, и в соответствии с этим в 1925 г. был создан новый, более крупный синдикат по продаже продукции алмазных рудников

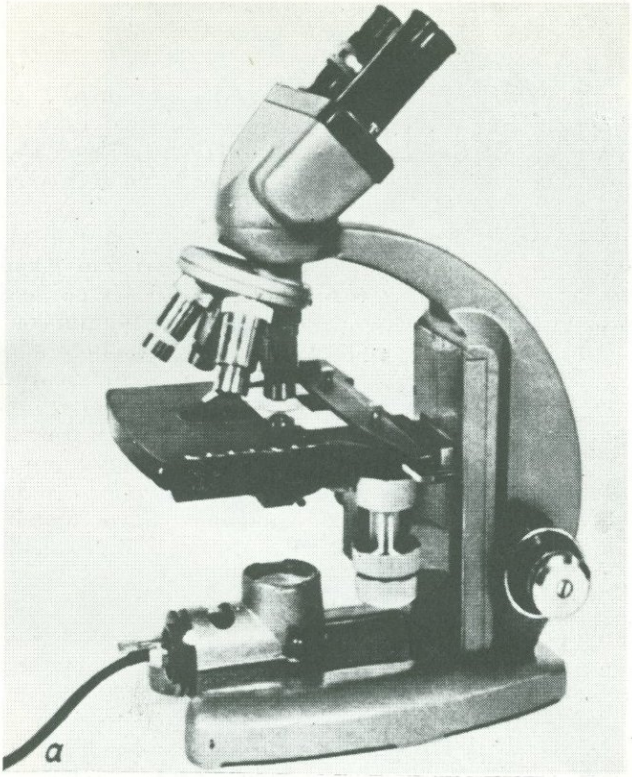
Юго-Западной и Южной Африки, Анголы и Конго. Соглашение предусматривало регулирование добычи в нескольких районах системой квот и оплаты поставщикам в соответствии со средней ценой, вычисленной для каждого истекшего шестимесячного периода.

Однако синдикат просуществовал всего пять лет и затем распался, главным образом потому, что правительство Южно-Африканской Республики не захотело передать государственные разработки алмазов в Намаквaленде под контроль синдиката. В конце концов в 1931 г. был создан новый орган — Алмазная корпорация со штаб-квартирой в Южной Африке, что было, без сомнения, частично обусловлено стремлением избежать высокого налогообложения в Лондоне. Была введена система квот, и правительство Южно-Африканской Республики согласилось регулировать добычу на государственных рудниках. Эта корпорация столь могущественна, а ее оборудование столь совершенно, что многие мелкие поставщики, не входящие в нее, сочли для себя выгодным доверить ей сбыт своей продукции.

Деятельность по продаже алмазов распределена между отдельными компаниями, причем сбыт ювелирных алмазов осуществляется отдельно от сбыта технических алмазов. Алмазная корпорация продолжает действовать как связующее звено между поставщиками из Южной Африки и из других стран.

Алмаз наиболее успешно имитируется обожженным цирконом (бесцветной разновидностью, получаемой путем нагревания) из-за его высокой дисперсии. Этот циркон можно отличить от алмаза по его меньшей твердости и двупреломлению, а также по тому обстоятельству, что из-за меньшего светопреломления некоторая часть света всегда ускользает из нижней части камня, имеющего бриллиантовую огранку. Если все же остаются какие-либо сомнения, можно прибегнуть к определению удельного веса. Другие бесцветные минералы — корунд (белый сапфир), топаз и кварц (местами известный как «алмаз») — и бесцветная синтетическая шпинель характеризуются сравнительно слабой игрой; их легко отличить по показателям преломления. Ряд синтетических материалов, имитирующих алмаз, был описан выше. Наиболее обычные имитации делают из стекла, но их легко распознать, так как после непродолжительной носки грани такого камня покрываются царапинами или другими отметинами, не говоря уже о их небольшой твердости и низком светопреломлении.

Иногда, для того чтобы компенсировать желтоватый оттенок камня нечистой воды и, следовательно, придать ему лучший товарный вид и повысить цену, камень окрашивают в синий цвет. Поэтому при покупке изделия необходимо быть очень осторожным и тщательно исследовать камень, низ которого не скрыт оправой.



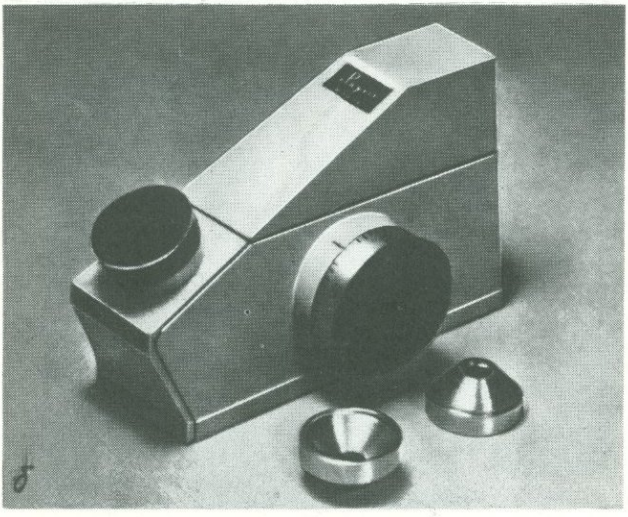


Фото 1.

а — микроскоп модели «Викерс М14а»; *б* — рефрактометр модели «Рейнер».

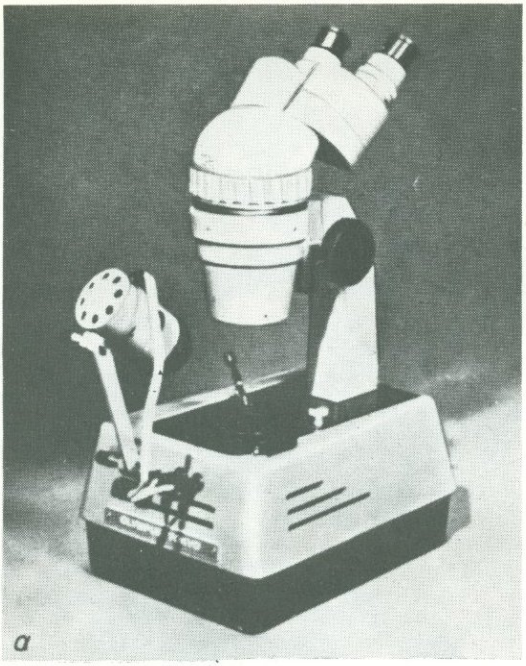




Фото 2.

а — микроскоп модели «Олимпус JM»; *б* — полярископ модели «Рейнер».

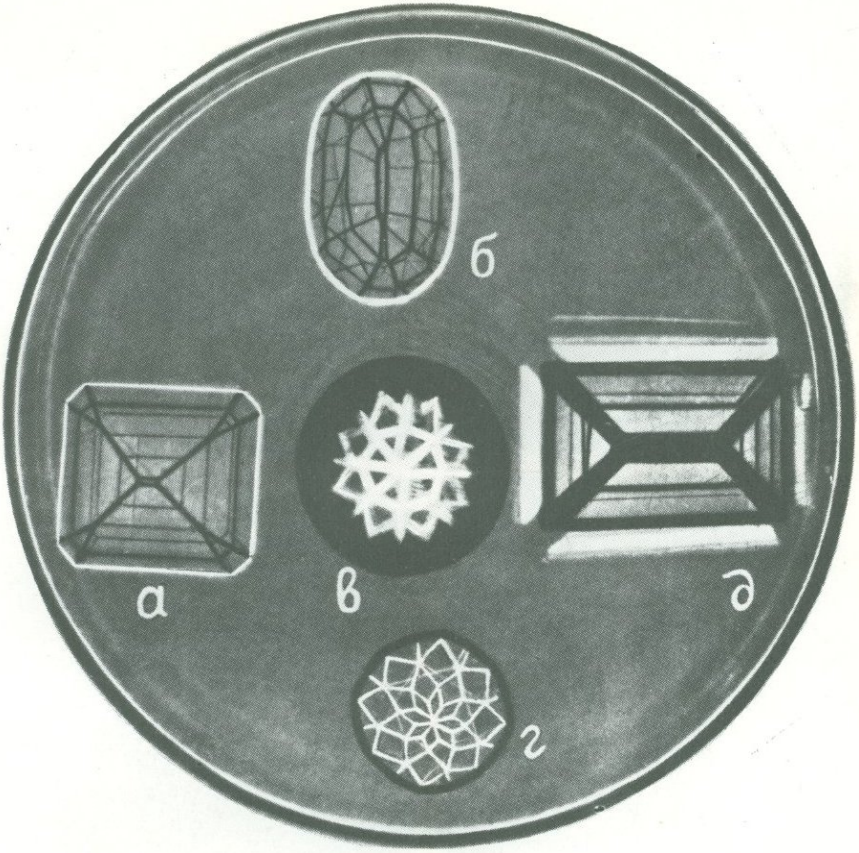


Фото 3. Фотография драгоценных камней в иммерсионнэй жидкости.

а — ограненный кунцит; *б* — розовый топаз; *в* — белый циркон; *г* — ограненный белый сапфир; *д* — ограненный кварц. Показатель преломления среды n_D=1,66. Фото Б. У. Андерсона.

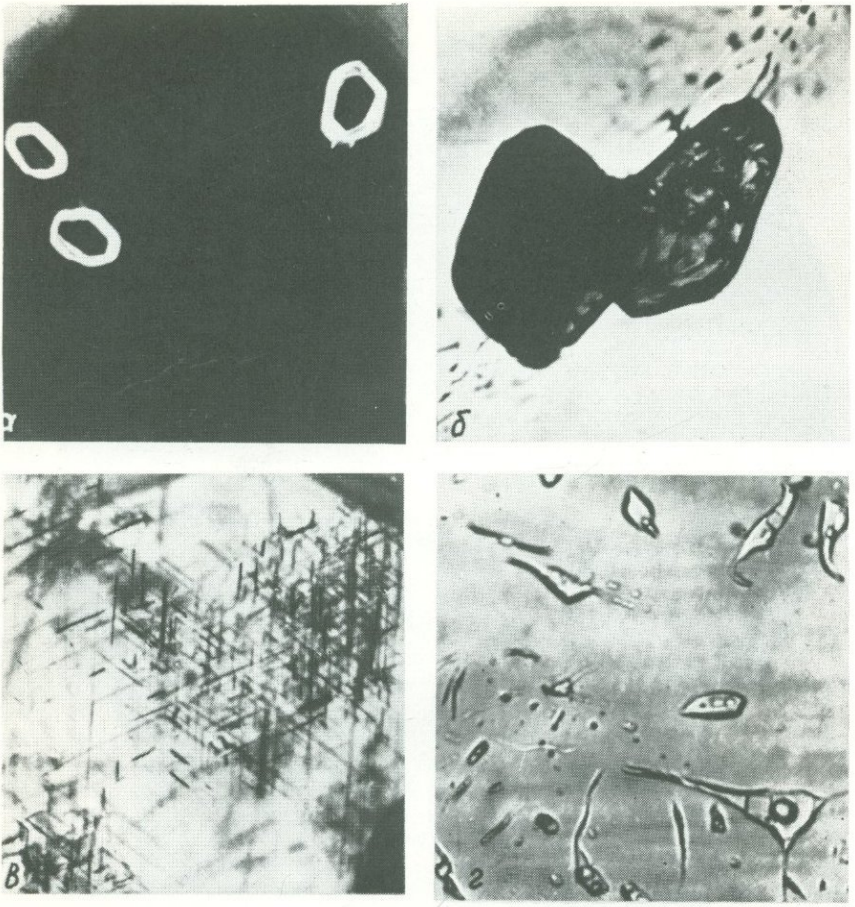


Фото 4. Включения в драгоценных камнях.

а — кристаллики кварца в алмазе из Бразилии, ×75; *б* — округлые зерна граната в сапфире с Цейлона, ×125; *в* — закономерно ориентированные кристаллы рутила в рубине из Бирмы, ×250; *г* — трехфазные включения в изумруде, ×200. Фото И. Гюбелина. Перепечатано из журнала «Journal of Gemmology».

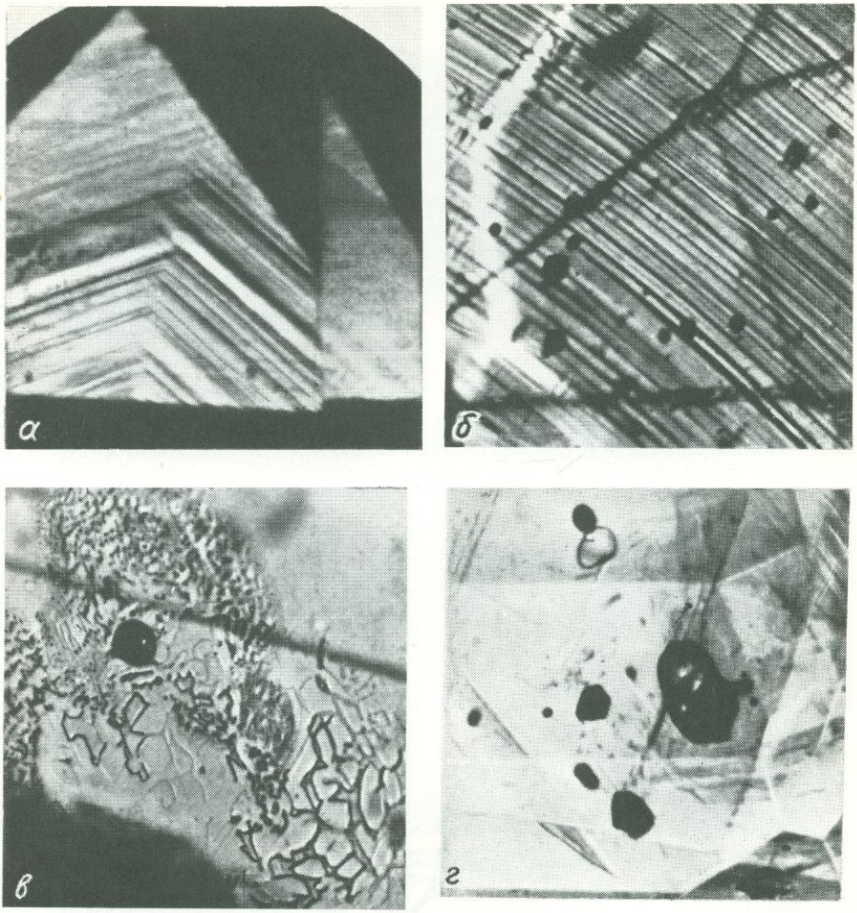


Фото 5. Включения в драгоценных камнях.

а — пересекающиеся под углом зоны в сапфире из Бирмы, ×40; *б* — искривленные зоны и газовые пузырьки в синтетическом корунде, ×75; *в* — характерное распределение включений в рубине из Таиланда, ×150; *г* — характерное распределение включений в рубине из Бирмы, ×150. Фото И. Гюбелина. Перепечатано из журнала «Journal of Gemmology».

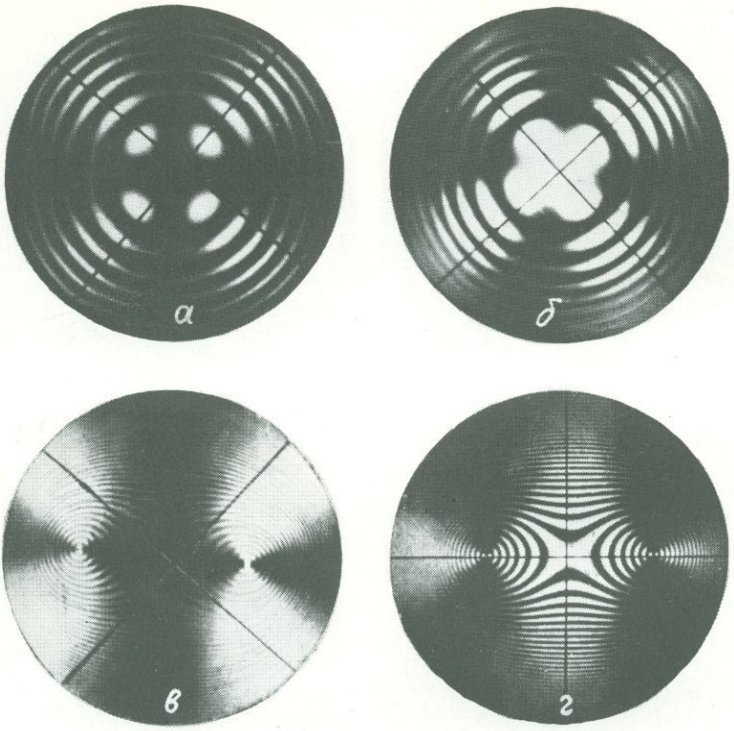


Фото 6. Фигуры интерференции в сходящемся свете.

а — одноосный кристалл; *б* — одноосный кристалл с вращением плоскости поляризации; *в* — двуосный кристалл (пересекающиеся ветви гиперболы); *г* — двуосный кристалл (гипербола).



Фото 7. Обработка алмазов.

а — нанесение на пилы масла и алмазного порошка; *б* — проверка работы установки для распиловки алмазов; *в* — установка для шлифовки. Воспроизводится с любезного разрешения А. Дж. Эсчера.

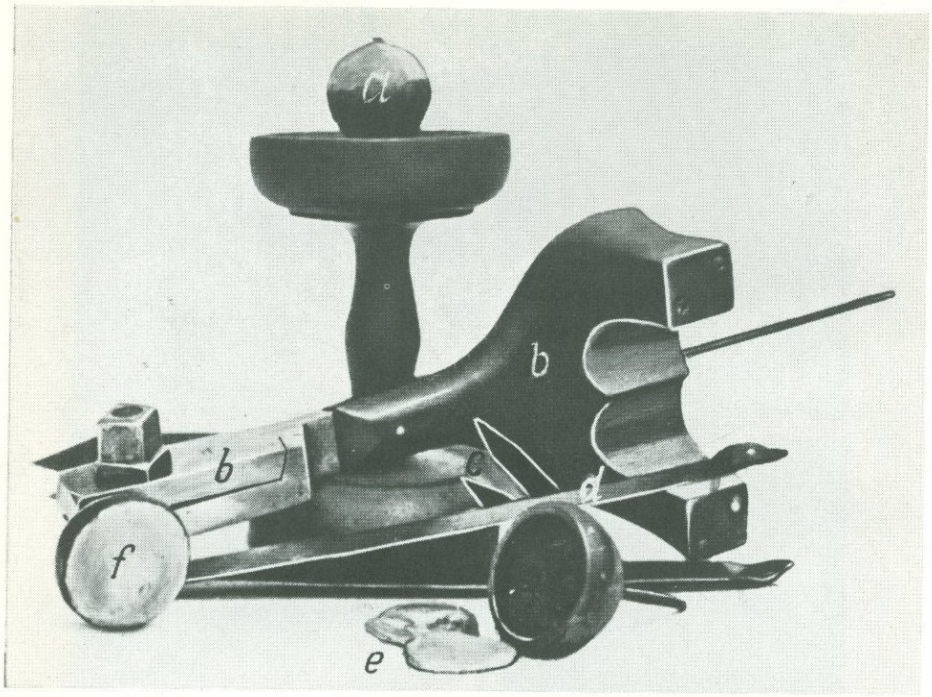


Фото 8. Приспособления для шлифовки алмазов. Объяснения см. в тексте.

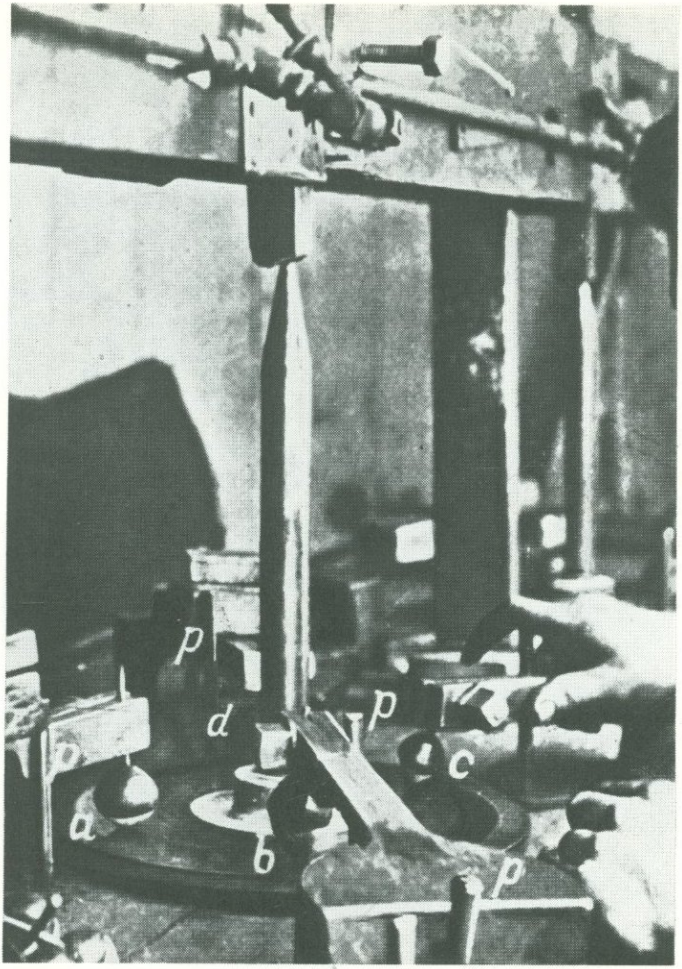


Фото 9. Шлифовка алмазов.

a, *b*— зажимы, укрепленные в прямом положении; *c*, *d*— зажимы, укрепленные наклонно; *p*— штифты, предотвращающие вращение рычагов.

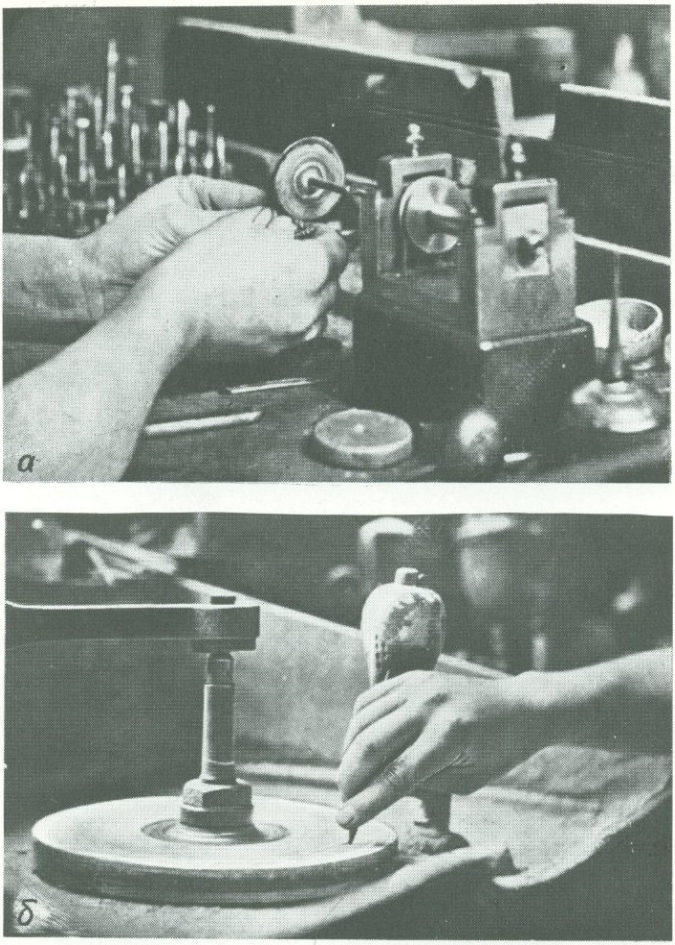


Фото 10. Огранка и шлифовка камней (не алмазов).
а — распиловка; *б* — шлифовка.

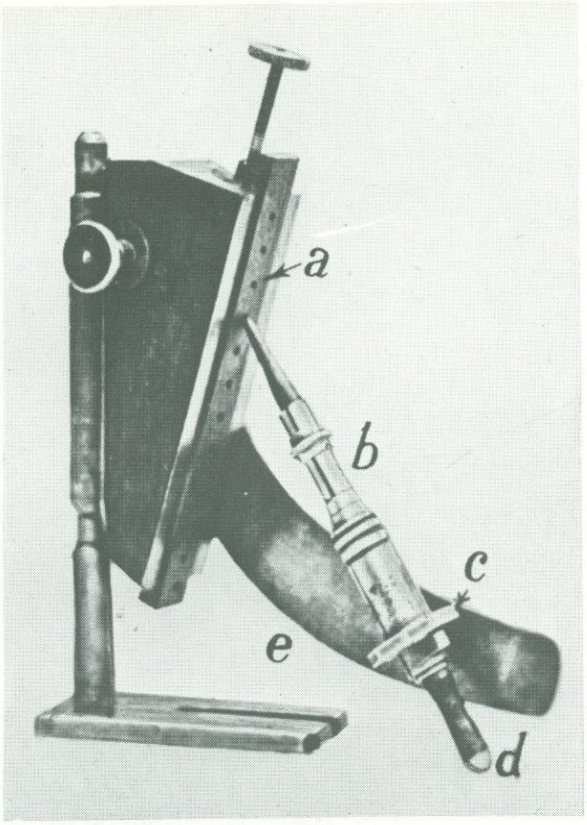


Фото 11. Станок для огранки.

a — супорт с отверстиями для установки держателя; *b* — держатель; *c* — восьмиугольный воротник; *d* — драгоценный камень, укрепленный в держателе; *e* — фиксированная направляющая воротника.

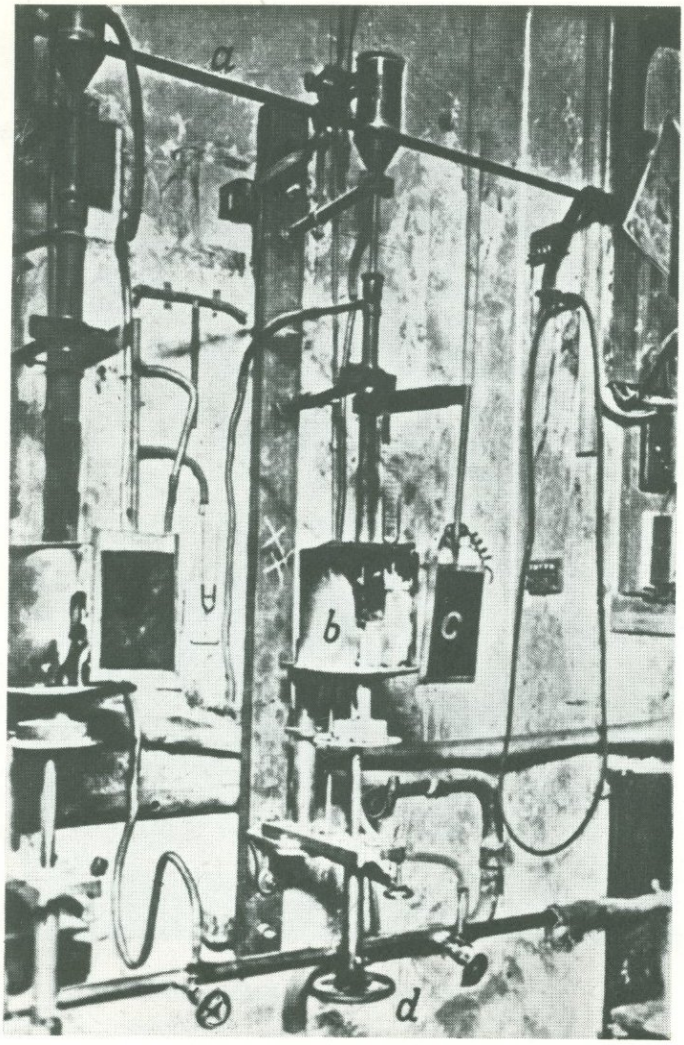
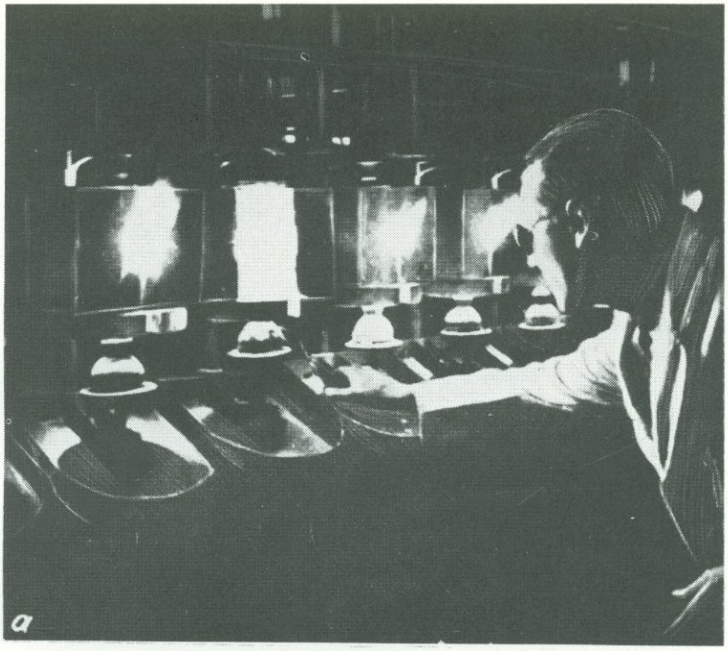


Фото 12. Печь Вернейля.

a — управляющий вал; *b* — огнеупорная стена печи; *c* — экран; *d* — приспособление для установки булыки.



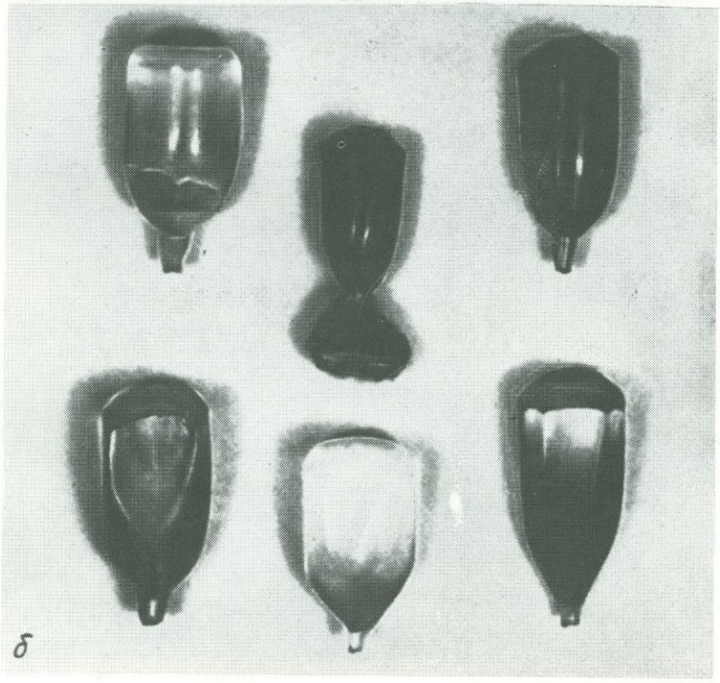


Фото 13.

а — ряд действующих печей Вернейля (воспроизводится с любезного разрешения компании «Салфорд электрикал инструментс»); *б* — бульки синтетического корунда (верхний ряд) и шпинели (нижний ряд). Фото Б. У. Андерсона.

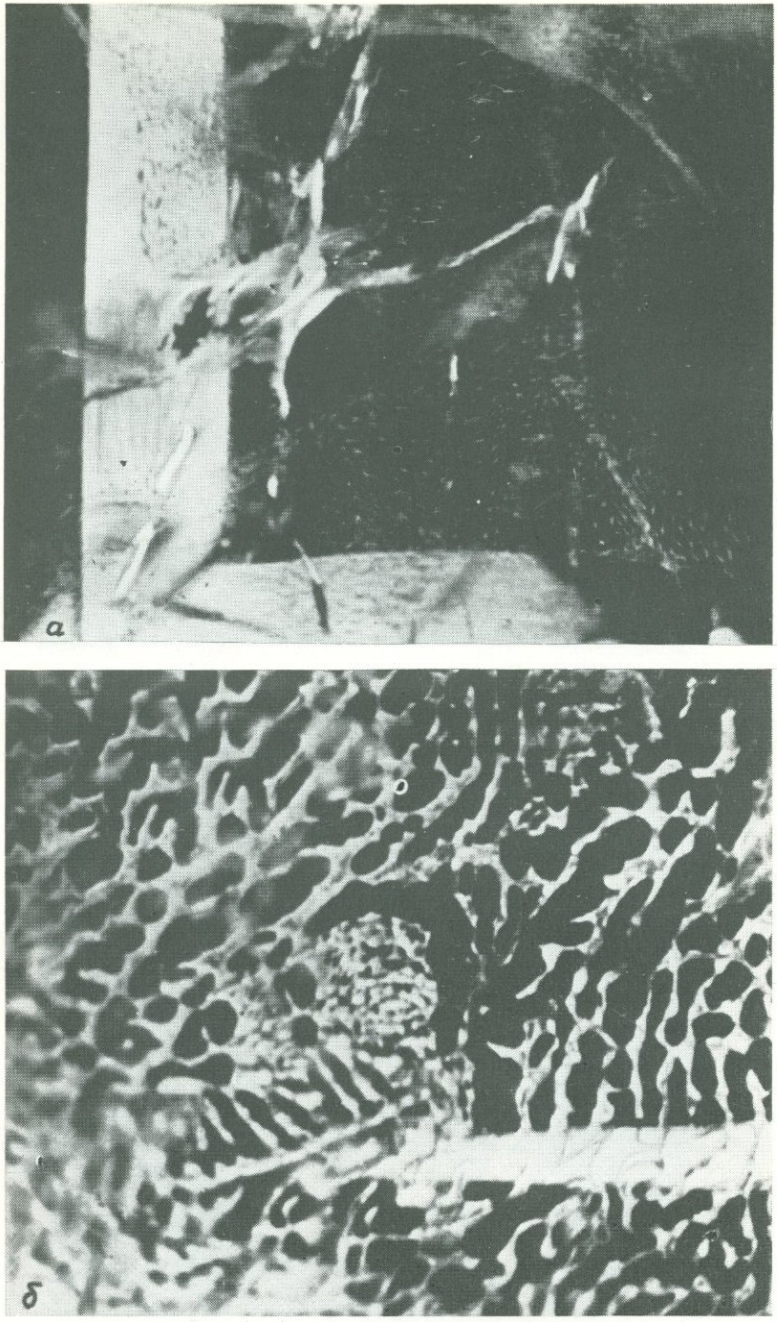
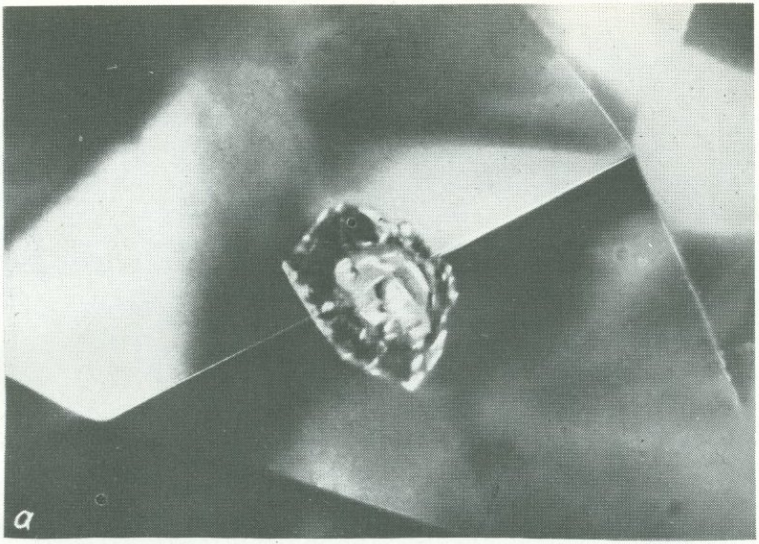


Фото 14. Синтетические изумруды.

а — типичное «перо» жидких включений, ×20; *б* — ветвящиеся каналы «пера», ×80.



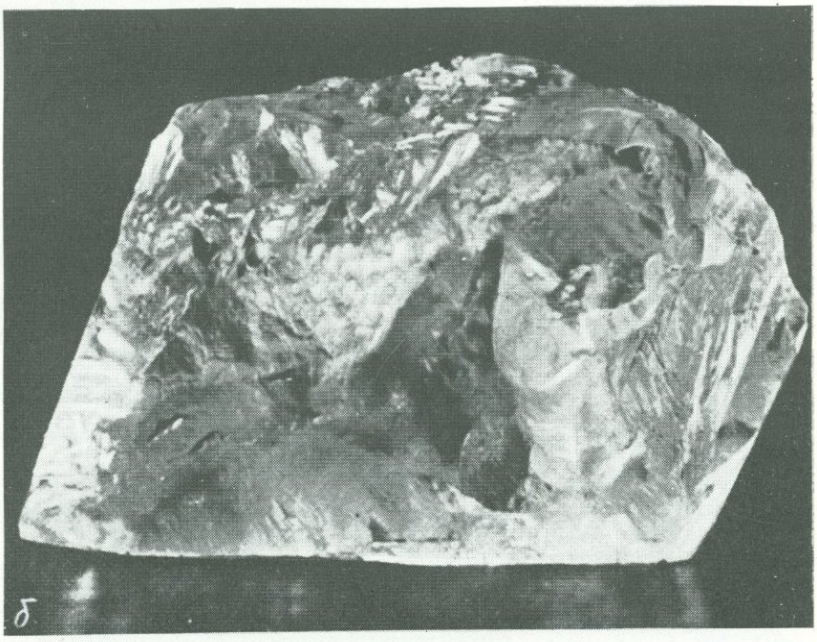


Фото 15.

а — включение в алмазе обломка кимберлита, который в свою очередь включает октаэдрический кристалл алмаза, ×80; *б* — алмаз «Куллинан» (в натуральную величину).

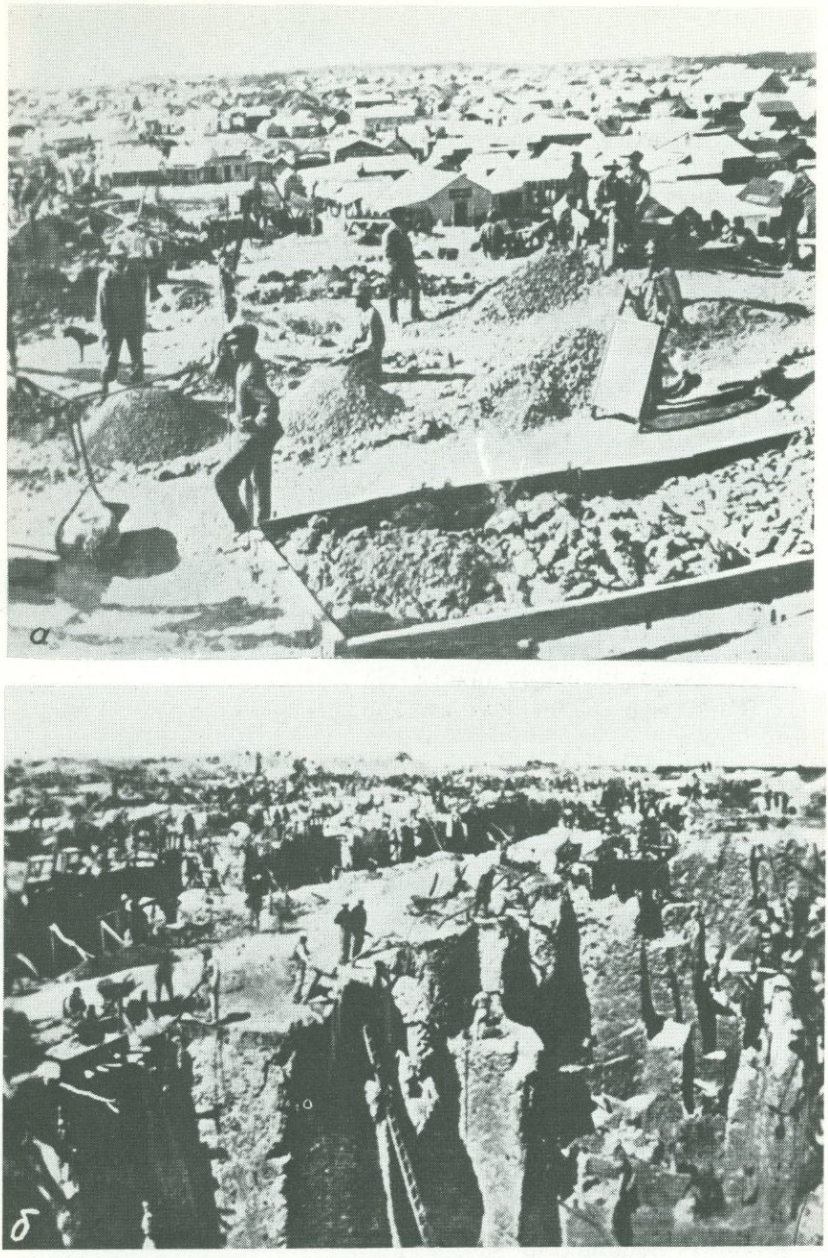


Фото 16.

а — рудник «Кимберли» в 1871 году; *б* — рудник «Кимберли» в 1872 году.

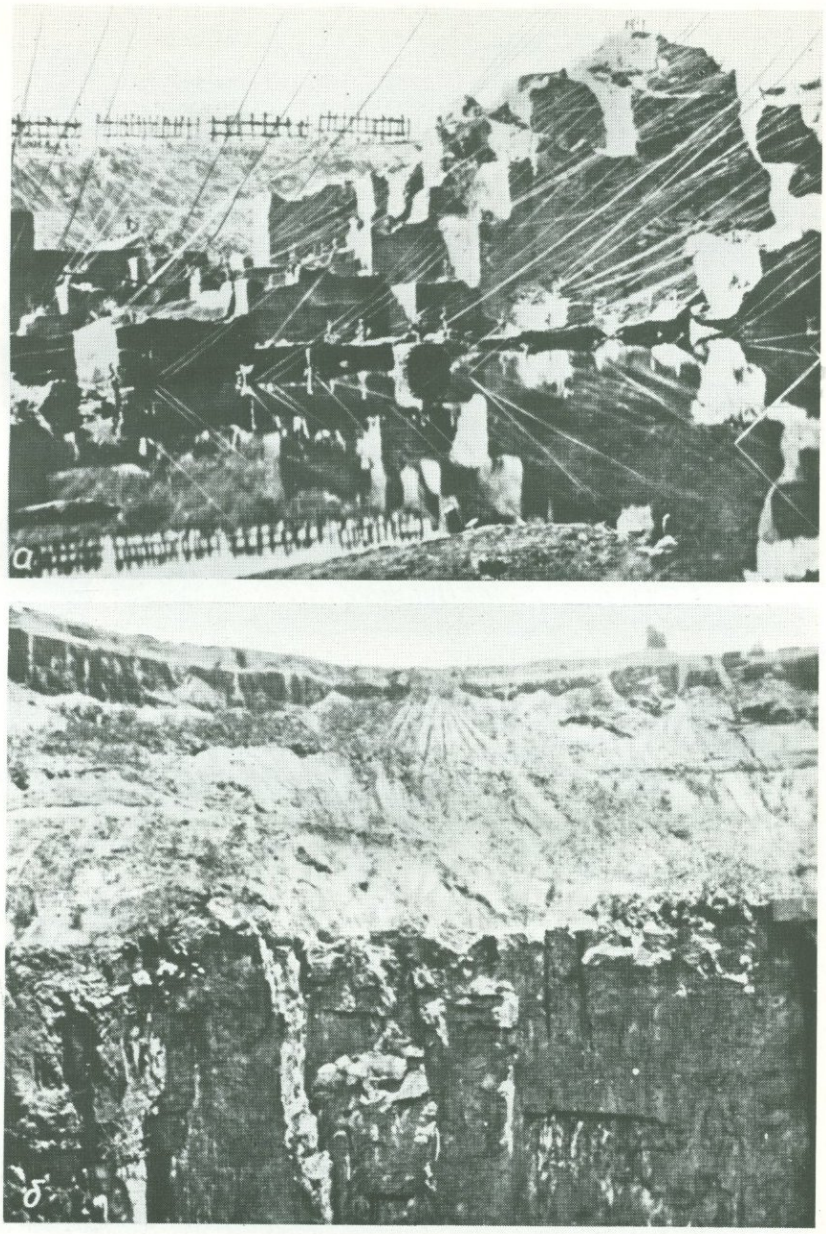


Фото 17.

а — рудник «Кимберли» в 1874 году; *б* — рудник «Кимберли» в 1911 году.

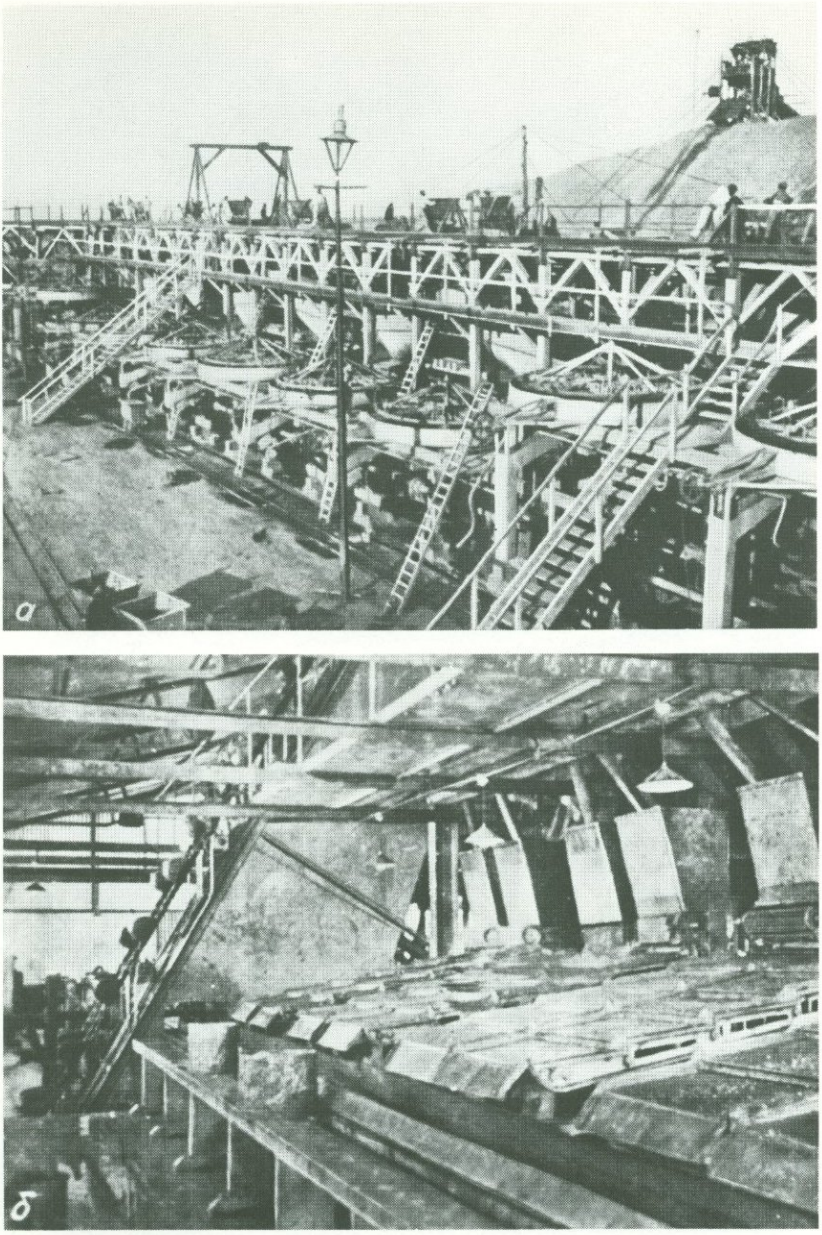


Фото 18.

а — установки для обогащения алмазсодержащих горных пород; *б* — установки для сортировки алмазов.

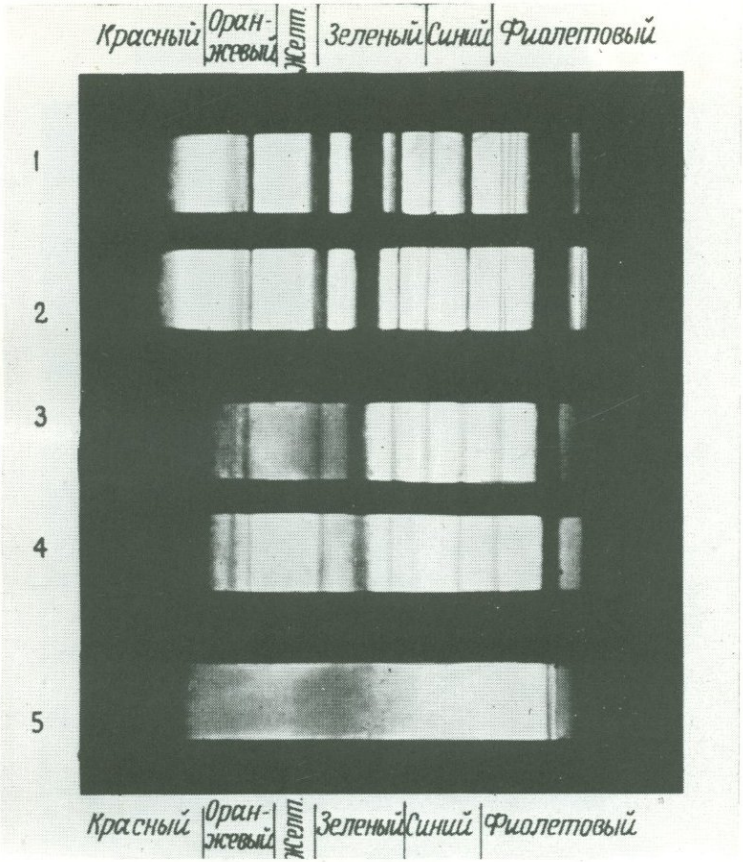
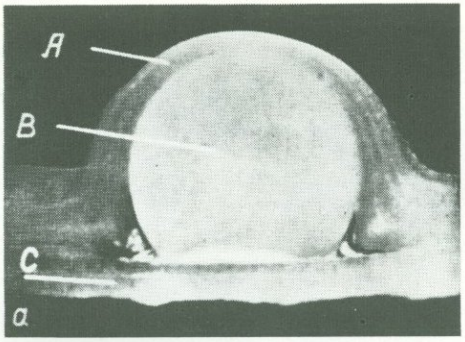


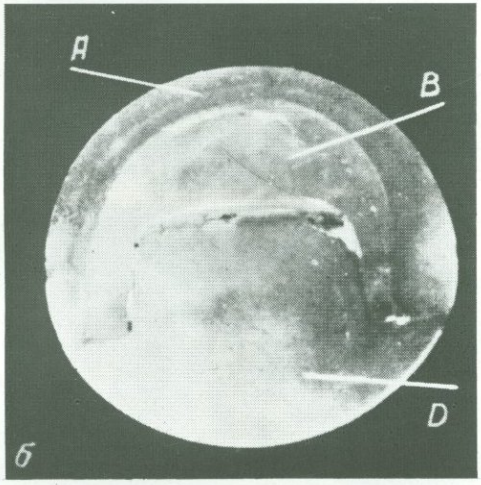
Фото 19. Спектр поглощения циркона.

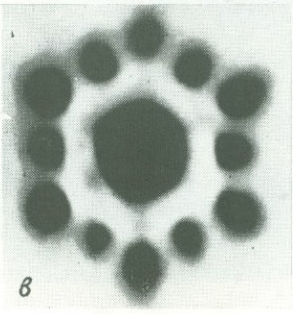
1, 2— камень из Бирмы, различные выдержки; *3, 4*— камень с Цейлона, различные выдержки; *5*— синий (термически обработанный) камень. Перепечатано из журнала «The Gemmologist».



Фото 20. Шурфы для добычи опала в Уайт-Клиффсе в Новом Южном Уэльсе в Австралии.







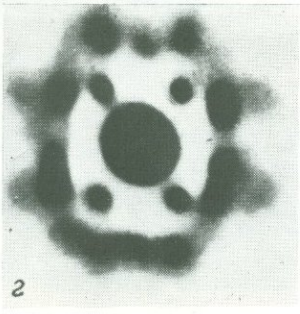
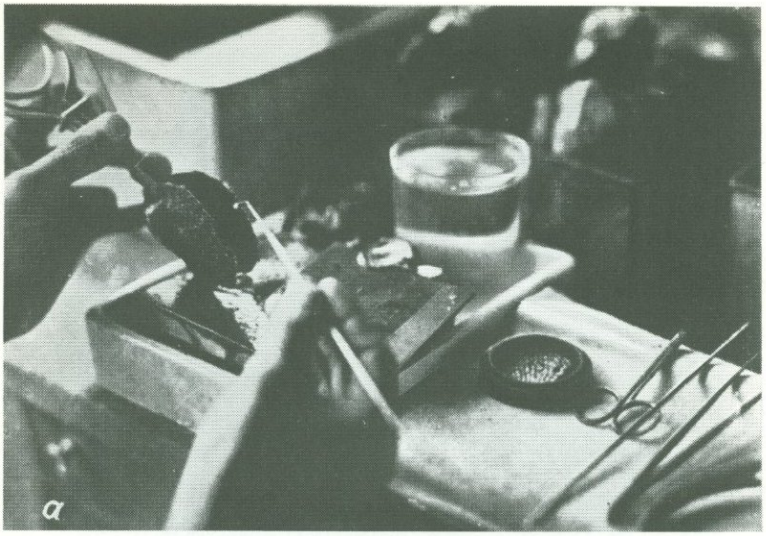


Фото 21. Разрезы «японских» жемчужин.

а — жемчужина в раковине устрицы; *б* — обработанная жемчужина (*A* — отложение жемчужного слоя, *B* — перламутровое ядро, вводимое в раковину устрицы, *C* — внешняя раковина устрицы, *D* — перламутр, прикрепленный к задней стороне жемчужины).
Рентгенограммы жемчужин: *в* — природная жемчужина; *г* — выращенная жемчужина.



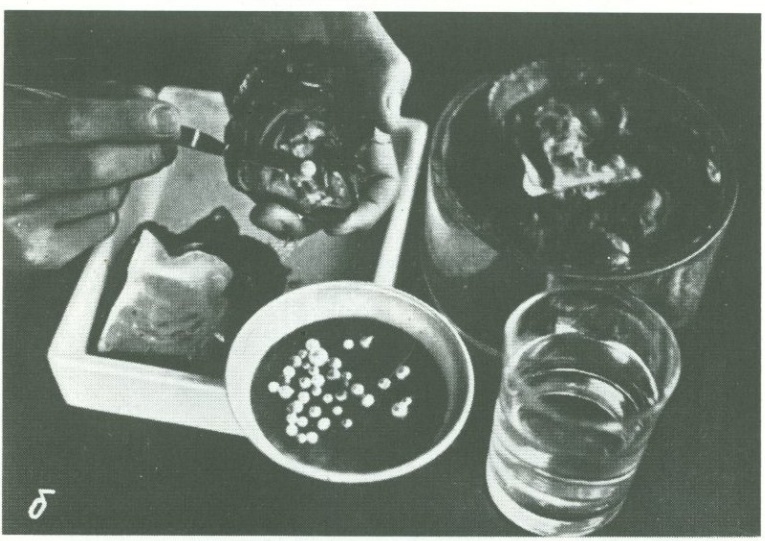


Фото 22. Выращивание жемчужин.

а — введение перламутрового ядра в раковину устрицы; *б* — извлечение жемчужины. Воспроизведено с любезного разрешения К. Микимото.

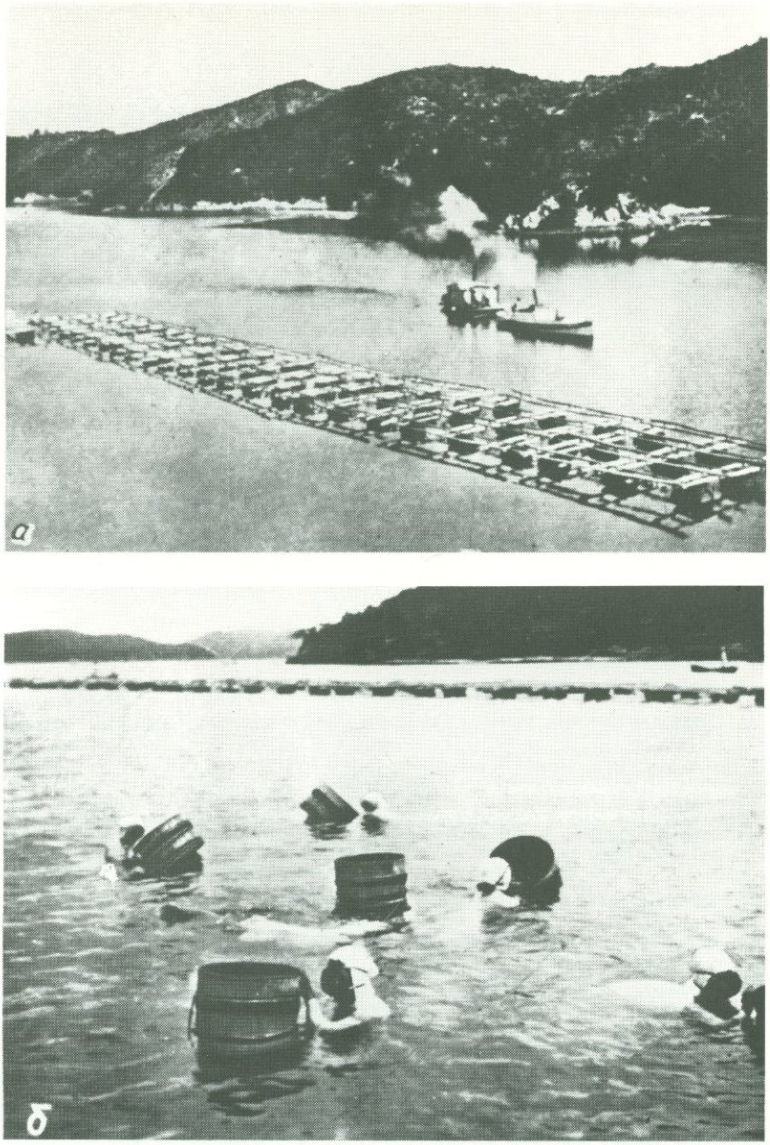
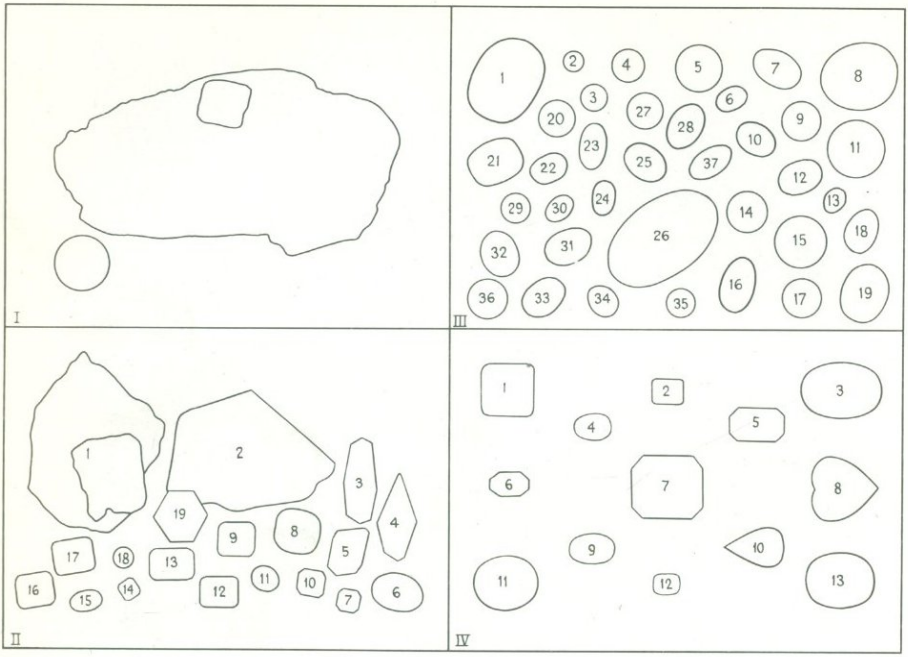


Фото 23. Выращивание жемчужин.

а — плоты с клетками для устриц; *б* — девушки-ныряльщицы. Воспроизведено с любезного разрешения К. Микимото.



Цветное фото I. Алмаз.

Кристалл алмаза в кимберлите, рудник «Кимберли», Южная Африка; ограненный камень, 3,09 карата.

Цветное фото II. Корунд.

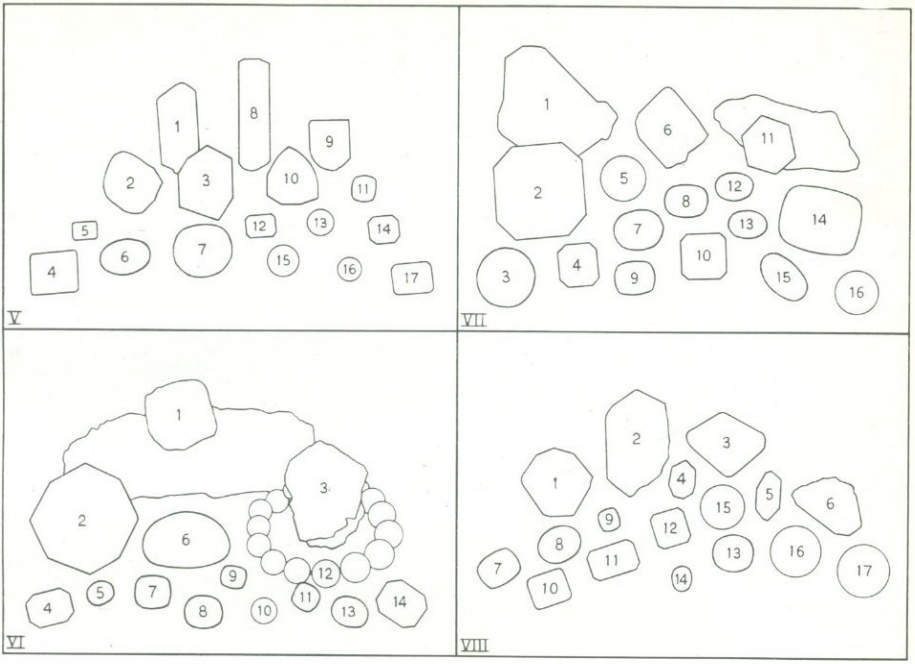
1—кристалл рубина, Бирма; *2*—зональный необработанный сапфир, Таиланд; *3—4*—кристаллы корунда, Цейлон; *5*—кристалл корунда, Бирма; *6*—19,07 карата; *7*—5,10 карата; *8*—36,41 карата; *9*—20,90 карата; *10*—9,0 карата, Бирма; *11*—4,90 карата, Бирма; *12*—15,80 карата, Бирма; *13*—21,50 карата, Бирма; *14*—2,84 карата, Бирма; *15*—6,71 карата, Бирма; *16*—17,95 карата; *17*—19,67 карата, Бирма; 18—2,60 карата; *19*—57,26 карата, Цейлон.

Цветное фото III. Камни «кошачий глаз» и звездчатые камни.

1—аквамарин, 113,99 карата; *2*—звездчатый рубин, 4,23 карата, Бирма; *3*—звездчатый сапфир, 5,80 карата, Бирма; *4*—розовый кварц, имитирующий звездчатый сапфир, 7,71 карата; *5*—звездчатый розовый кварц, 30,25 карата, Бирма; *6*—розовый кварцевый «кошачий глаз», 4,88 карата, Бирма; *7*—кварц, 11,85 карата, Бразилия; *8*—14—скаполитовый «кошачий глаз», Бирма: *8*—83,68 карата; *9*—13,98 карата; *10*—9,00 каратов; *11*—38,63 карата; *12*—13,57 карата; *13*—3,12 карата; *14*—14,97 карата; *15—17*—апатит: *15*—53,17 карата, Индия; *16*—21,10 карата, Бирма; *17*—16,32 карата, Бирма; *18*—хризоберилл, 11,14 карата; *19*—турмалин, 23,86 карата, Мадагаскар; *20*—звездчатый гранат, 15,29 карата, шт. Айдахо, США; *21—26*—лунные камни: 21—33,70 карата; *22*—8,50 карата, Бирма; *23*—14,67 карата, Индия; *24*—5,45 карата, Бирма; *25*—14,49 карата, Индия; *26*—133,50 карата, Индия; *27*—ортоклаз, 13,00 каратов, Бирма; *28*—плагиоклаз, 17,73 карата, Бирма; *29—31*—альбит: *29*—5,78 карата, Бирма; *30*—3,65 карата, Бирма; *31*—12,70 карата, Бирма; *32*—энстатит, 14,40 карата, Бирма; *33*—бронзит, 10,48 карата; *34*—амфибол, 5,60 карата, Бирма; *35—36*—диопсид: *35*—6,3 карата, Бирма; *36*—20,20 карата, Индия; *37*—стекло, 8,99 карата.

Цветное фото IV. Берилл.

1—аквамарин, 60,93 карата; *2*—берилл, 9,09 карата, Мадагаскар; *3*—аквамарин, 104,00 карата; *4*—изумруд, 14,09 карата; *5*—морганит, 32,79 карата, Мадагаскар; *6*—гелиодор, 9,45 карата; *7*—берилл, 135,93 карата; *8*—гелиодор, 82,24 карата; *9*—берилл, 16,17 карата; *10*—берилл, 29,82 карата; *11*—аквамарин, 67,38 карата; *12*—морганит, 5,29 карата, Мадагаскар; *13*—аквамариновый «кошачий глаз», 113,99 карата.



Цветное фото V. Топаз (*1—7*) и турмалин (*8—17*).

1—кристалл, Бразилия; *2*—окатанная галька со сколом; *3*—кристалл, Мурзинка, СССР; *4*—58,47 карата, Могок, Бирма; *5*—7,48 карата, Морамбайя, Минас-Жерайс, Бразилия; *6*—33,45 карата; *7*—72,12 карата, Бразилия; *8*—кристалл, Меса-Гранде, округ Сан-Диего, Калифорния, США; *9*—кристалл, разновидность шерл; *10*—зонально окрашенный кристалл; *11*—12,38 карата; *12*—разновидность рубеллит, 17,39 карата, *13*—7,13 карата, Бразилия; *14*—20,45 карата; *15*—17,26 карата; *16*—6,25 карата, Бразилия; *17*—22,91 карата.

Цветное фото VI. Гранаты.

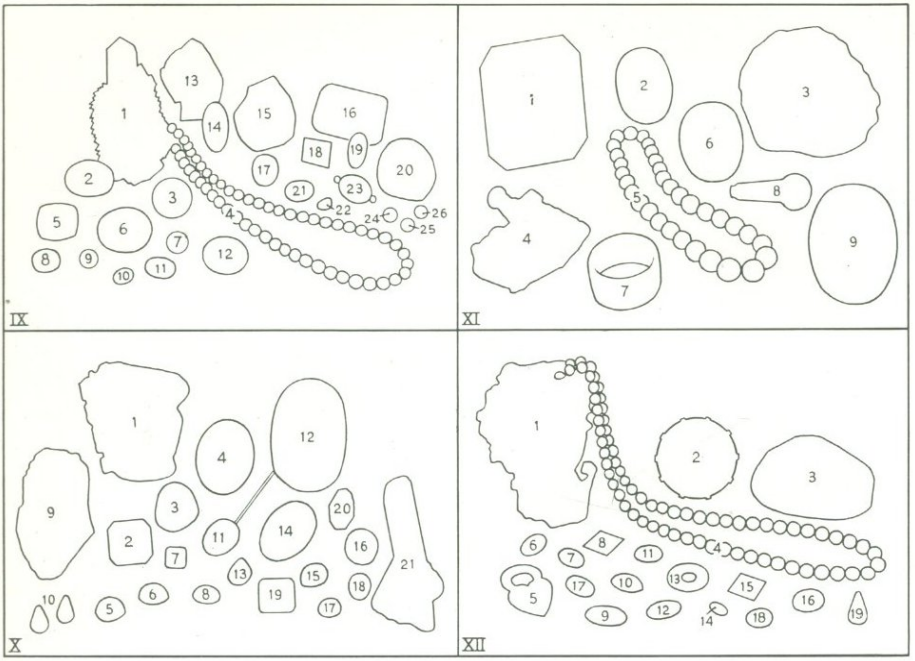
1—альмандин, усложненный ромбододекаэдр в слюдяном сланце, Форт-Врангель, Аляска; *2*—альмандин, икоситетраэдр, Северная Родезия; *3*—кристаллы гессонита, рудник «Джеффри», Асбестос, Квебек, Канада; *4*—спессартин, 12,00 каратов; *5*—спессартин, 3,35 карата, Мадагаскар; *6*—альмандиновый карбункул; *7*—пироп-альмандин, 10,07 карата, Танзания; *8*—альмандин, 10,14 карата, Танзания; *9*—демантоид, 3,37 карата; *10*—демантоид, 3,79 карата; *11*—гессонит, 5,28 карата; *12*—бусы из гидрогроссуляра, Трансвааль; *13*—гроссуляр, 7,06 карата, Танзания; *14*—гессонит, 15,43 карата.

Цветное фото VII. Оливин (перидот) (*1—2*), сингалит (*3*), шпинель (*4—10*) и хризоберилл (*11—16*).

1—кристалл оливина, Красное море; *2*—146,17 карата, Красное море; *3*—15,53 карата; *4*—11,30 карата, Бирма; *5*—15,50 карата, Бирма; *6*—кристалл, Бирма; *7*—11,82 карата, Бирма; *8*—8,95 карата, Бирма; *9*—5,87 карата, Бирма; *10*—14,34 карата, Бирма; *11*—двойник александрита в слюдяном сланце, Форт-Виктория, Северная Родезия; *12*—7,25 карата; *13*—4,92 карата, Тиофилу-Отони, Бразилия; *14*—57,10 карата; *15*—«кошачий глаз», 11,15 карата; *16*—7,89 карата, Бразилия.

Цветное фото VIII. Циркон.

1—кристалл, Кения; *2*—кристалл, Ренфру, Онтарио, Канада; *3*—кристалл, Кения; *4—5*—кристаллы, Индокитай; *6*—окатанный обломок, Раквана, Цейлон; *7*—12,34 карата; *8*—14,27 карата, Бирма; *9*—4,15 карата; *10*—9,85 карата; *11*—16,52 карата, Цейлон; *12*—18,76 карата, Цейлон; *13*—15,55 карата, Бирма; *14*—3,19 карата, Могок, Бирма; *15—17*—термически обработанные, Индокитай: *15*—21,32 карата; *16*—33,34 карата; *17*—27,58 карата.



Цветное фото IX. Кварц (разновидности) (*1—12*) и опал (*13—26*).

1—кристалл кварца, Тинтагел, Корнуэлл; *2*—коричневый, 114,44 карата; *3*—сфера из «тигрового глаза», Гриквaленд, Западная Африка; *4*—ожерелье из горного хрусталя; *5*—77,26 карата; *6*—200,66 карата; *7*—11,50 карата; *8*—аметист, 20,16 карата, СССР; *9*—дымчатый, 6,46 карата; *10*—цитрин, 7,05 карата; *11*—кварц с рутилом, 19,90 карата; *12*—цитрин, 93,85 карата; *13*—опал во вмещающей породе, Австралия; *14*—плоский дублет, Австралия; *15*—опал во вмещающей породе, Квинсленд, Австралия; *16*—полосчатый опал во вмещающей породе, Австралия; *17*—15,96 карата, Австралия; *18*—25,64 карата, Квинсленд; *19*—камея, Квинсленд; *20*—черный опал, 130,98 карата, Лайтнинг-Ридж, Новый Южный Уэльс, Австралия; *21*—водяной опал, 24,60 карата, Куэретаро, Мексика; *22*—водяной опал, 5,21 карата; *23*—брошь из огненного опала с алмазами, Мексика; *24—26*—огненные опалы: 3,82, 3,47 и 3,21 карата.

Цветное фото X. Ляпис-лазурь (*1*), скаполиты (*2—8*) и полевые шпаты (*9—21*).

1—китайская ваза; *2*—76,04 карата, Бразилия; *3*—83,68 карата, Бирма; *4*—245,00 каратов, Бирма; *5*—14,97 карата, Бирма; *6*—13,98 карата, Бирма; *7*—7,02 карата, Бирма; *8*—9,00 каратов, Бирма; *9*—амазонит, Пайкс-Пик, Колорадо, США; *10*—каплевидные амазониты; *11*—булавка для галстука из разновидности олигоклаза—солнечного камня; *12*—камея из лабрадора, Лабрадор, Канада; *13*—альбитовый «кошачий глаз», 12,70 карата, Бирма; *14*—лунный камень, 133,50 карата, Индия; *15*—лунный камень, 14,49 карата, Индия; *16*—лунный камень, 33,70 карата; *17*—лунный камень, 6,65 карата, Индия; *18*—лунный камень, 8,50 карата, Бирма; *19*—ортоклаз, 29,95 карата, Мадагаскар; *20*—кристалл ортоклаза, Гуд-Спрингс, Невада, США; *21*—кристалл ортоклаза, Бавено, Италия.

Цветное фото XI. Разновидности халцедона.

1—гелиотроп; *2*—моховой агат; *3*—агат; *4*—гроздьевидный халцедон; *5*—ожерелье из карнеолов; *6*—моховой агат; *7*—кольцо из оникса; *8*—рукоятка из хризопраза; *9*—камея из плазмы.

Цветное фото XII. Жад: жадеит и нефрит.

1—китайская ваза из нефрита; *2*—китайский резной диск из нефрита; *3*—булыжник жадеита; *4*—ожерелье из жадеита; *5*—резной висячий замок из жадеита; *6—17*—жадеитовые кабошоны; *18*—кабошон из императорского жада (жадеита); *19*—каплевидный жадеит.

Цветное фото I. Алмаз.

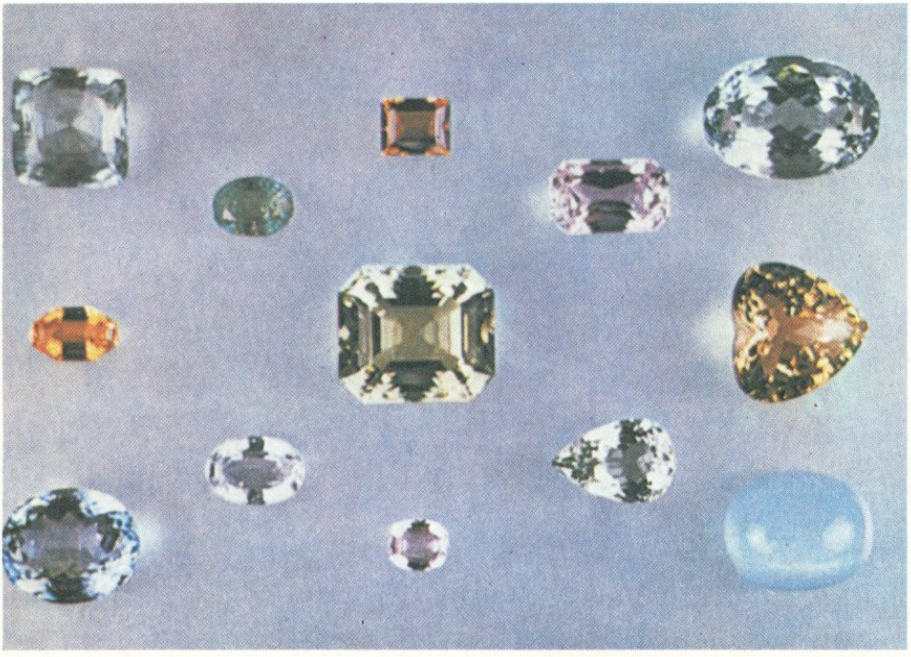
Цветное фото II. Корунд.





Цветное фото III. Камни «кошачий глаз» и звездчатые камни.

Цветное фото IV. Берилл.





Цветное фото V. Топаз *(1—7)* и турмалин *(8—17)*.

Цветное фото VI. Гранаты.





Цветное фото VII. Оливин (перидот) *(1—2)*, сингалит *(3)*, шпинель *(4—10)* и хризоберилл *(11—16)*.

Цветное фото VIII. Циркон.





Цветное фото IX. Кварц (разновидности) *(1—12)* и опал *(13—26)*.

Цветное фото X. Лянис-лазурь *(1)*, скаполиты *(2—8)* и полевые шпаты *(9—21)*.





Цветное фото XI. Разновидности халцедона.

Цветное фото XII. Жад: жадеит и нефрит.



20
Месторождения алмаза

а. Индия

Все известные древние алмазы были добыты в так называемых копях Голконды в Индии. Сама Голконда, ныне являющаяся заброшенной крепостью близ Хайдарабада, была всего лишь рынком, где продавались и покупались алмазы. Обширный алмазоносный район располагался к востоку от плато Декан, простираясь от реки Пеннару севернее Мадраса до рек Сон и Кен, впадающих в Ганг. Наиболее богатые копи, где были найдены крупнейшие исторические камни, располагались на юге, близ реки Кистна. Алмазы были обнаружены в песчаниках и конгломератах или песках и галечниках, в руслах рек. В середине XVII в. копи посетил французский путешественник и ювелир Тавернье, который путешествовал по поручению Людовика XIV и впоследствии опубликовал подробное описание алмазных разработок. За исключением, возможно, «Кох-и-Нора», все крупные индийские алмазы были найдены, вероятно, незадолго до посещения копей Голконды Тавернье. Алмазы времен Плиния были очень малы, и едва ли до 1000 года н. э. были известны крупные камни.

В XVII в. копи, по-видимому, были истощены, и после обнаружения алмазов в Бразилии и Южной Африке Индия перестала играть роль главного поставщика алмазов. В настоящее время разрабатываются два месторождения — одно в районе Голконды в штате Андхра-Прадеш в Южной Индии и другое в Панне, шт. Мадхья-Прадеш, Центральная Индия[1]. Добыча алмазов в Индии возросла с 2000 каратов в 1964 г. до 8000 каратов в 1968 г. В районе Бомбея алмазы гранятся и шлифуются и лишь затем экспортируются. Месторождение в Маджхгаване в районе Панны особенно интересно тем, что выработки приурочены к вулканической трубке взрыва, а не к конгломератам или речным отложениям, которые являются обычным источником индийских алмазов. Сообщают об обнаружении в этом районе и второй трубки.

В Индии, кроме камней, известных из легенд или описаний, но исчезнувших, добыты следующие знаменитые камни: «Кох-и-

[1] См. *Г. Ф. Швецов*, Добыча алмазов в Индии, Тр. ЦНИГРИ, вып. 49, с. 127—150, 1962.— *Прим. ред.*

Нор», «Питт» (или «Регент»), «Орлов», «Дерианур», «Санси», «Шах», «Шах-Акбар», «Нассак», «Тадж-е-Мах», «Пиготт», «Евгения», «Хоуп», «Австралийский желтый» («Тосканец», или «Флорентинец»), «Звезда Востока», «Полярная звезда», «Низам», «Белый дрезденский», «Зеленый дрезденский», «Желтый дрезденский», «Павел I» и «Камберленд».

б. Бразилия

Индия владела монополией на поставки алмазов на мировой рынок вплоть до обнаружения алмазов в начале XVIII в. в Бразилии. Их нашли (хотя сразу и не определили) на золотых приисках в Техуко, ныне Диамантина, в шт. Минас-Жерайс, приблизительно в 560 км к северу от Рио-де-Жанейро. Находка, естественно, вызвала большой интерес. Алмазы встречались в таком изобилии, что спустя лишь несколько лет после их обнаружения, в 1727 г., произошло катастрофическое падение их стоимости. Для того чтобы удержать цены на достаточно высоком уровне, голландские купцы, которые в основном контролировали поставки из Индии, стали утверждать, что алмазы найдены вовсе не в Бразилии, а являются низкокачественными камнями, привезенными в Бразилию из Гоа.

Вскоре алмазы стали ввозить в Гоа из Бразилии, а затем экспортировать в Европу как индийские камни. Впоследствии алмазы были обнаружены в других районах штата Минас-Жерайс и в нескольких других штатах Бразилии. Однако далее скрывать правду стало невозможным; кроме того, в связи с возросшим потоком алмазов их цена катастрофически падала. Для того чтобы приостановить падение цен, португальское правительство ввело высокие пошлины на экспорт алмазов и обременительные условия аренды алмазоносных участков, в результате чего работы на приисках приостановились. Добыча алмазов была объявлена монополией короны; положение изменилось лишь в 1822 г., когда Бразилия стала независимым государством и была разрешена частная разработка при доступных ценах на землю. Развитие этой отрасли промышленности в значительной степени стимулировалось обнаружением в 1844 г. необычайно богатых алмазоносных площадей в шт. Баия, особенно в районе гор Шапада-Диамантина на юге штата. Именно здесь впервые нашли карбонадо, или черный алмаз, который до сих пор добывается в этом районе, простирающемся и в северную часть шт. Минас-Жерайс. Карбонадо не находили южнее Грао-Могола, который лежит приблизительно в 80 км к северу от Минас-Новас. Алмазы выбираются из концентрата вручную, что требует значительного мастерства.

Спустя несколько лет поток алмазов из Бразилии постепенно сократился, однако эта страна на протяжении полутора столетий

оставалась главным мировым поставщиком, пока ее славу не затмили знаменитые алмазоносные площади Южной Африки.

Наиболее важные алмазодобывающие районы Бразилии расположены в шт. Минас-Жерайс, Баия и Мату-Гросу; в меньших количествах алмазы обнаружены в шести других штатах — Гояс, Сан-Паулу, Парана, Пиауи, Мараньян и Амазонас.

В шт. Минас-Жерайс распространены месторождения двух типов: месторождения плато, или высотные, и месторождения речных долин, или долинные, причем последние являются продуктом переработки и переотложения материала месторождений первого типа. Высотные месторождения приурочены главным образом к водоразделам и располагаются на высоте 1200—1500 м над уровнем моря; в частности, они известны в хребте Серра-ду-Эспиньясу, который простирается в меридиональном направлении. Алмазы встречаются в двух различных типах пород: в породах итаколумитовой серии, представленных докембрийскими кварцитами, песчаниками, конгломератами и филлитами с дайками и силлами итаколумитов, и в породах серии Лаврас, представленных конгломератами, филлитами и песчаниками, несогласно залегающими на других образованиях и относящимися по возрасту к позднему докембрию или раннему кембрию. Эти серии прорваны дайками, содержащими мягкую измененную породу, которая ранее описывалась как «алмазный матрикс». Однако в действительности ни в Бразилии, ни в соседних алмазоносных провинциях Южной Америки алмазы в первичном залегании пока еще не находили, хотя некоторые исследователи полагают, что на обширных неизученных пространствах центральной части шт. Баия или в районе реки Рио-Вериссиму в шт. Гояс должны существовать, по всей видимости, алмазоносные вулканические трубки.

Вместе с алмазами встречаются кварц, гематит и магнетит, а также небольшие количества монацита, турмалина, кианита, ксенотима, циркона и рутила.

Главная масса алмазов добывалась из обломочных отложений (grupiáras — групиарас) и из отложений речных долин (cascalho — каскальхо), в которых драгоценные камни ассоциируются с кварцем с небольшим количеством золота. В некоторых участках применялись драги, но в основном разработка алмазоносных песков ведется местными жителями весьма примитивными способами.

В целом бразильские алмазы, несмотря на относительно небольшие размеры, являются первосортными камнями. Было найдено шесть больших камней: «Звезда юга», «Английский алмаз Дрездена», «Звезда Египта», «Звезда Минаса», «Минас-Жерайс» и «Президент Варгас». Сообщалось также о находках двух еще более крупных камней — одного весом около 161,5 карата на реке Абаэте в шт. Минас-Жерайс и другого весом 600 каратов (впоследствии расколотого) на реке Рио-Вериссиму в шт. Гояс. Огромная масса

карбонадо весом 3148 метрических каратов, превосходящая по весу алмаз «Куллинан», была найдена в Ленсойс, в районе гор Шапада-Диамантина, шт. Баия. Полагают, что ее стоимость составляла 17 380 долларов (3621 фунт стерлингов по номиналу). Известны также массы весом 700 — 800 каратов, но обычно вес масс карбонадо равен примерно 6 каратам.

в. Южная Африка

В начале 1867 г. дети фермера-бура Джекобса, жившего близ Хоптауна на берегу реки Оранжевой, играя у реки, подобрали белую гальку, которой суждено было не только положить начало новой эпохе в летописи добычи алмазов, но и изменить весь ход истории Южной Африки. Эта галька привлекла внимание соседа, ван Ньекирка, которому показалось, что она может представлять какую-то ценность и который предложил купить ее. Миссис Джекобс, однако, отдала ее даром, посмеявшись над мыслью получить деньги за простой камешек. Ван Ньекирк показал гальку странствующему торговцу по имени Джон О'Рейли, который пообещал сделать все, что сможет, при условии что они разделят выручку. Все, кого он ни спрашивал, с насмешками отвергали мысль о том, что этот камень представляет какую-либо ценность, так что однажды О'Рейли даже выкинул его и нашел, лишь обшарив все вокруг на расстоянии ярда. Но в конце концов он показал камень Лоренцо Бойсу, гражданскому уполномоченному в Колсберге, который по исключительной твердости камня заподозрил, что это алмаз, и послал его на определение минералогу У. Гийбону Атерстону из Греймстауна. Бойс настолько был неуверен в своем предположении, что даже не опечатал пакет с камнем и, более того, не зарегистрировал посылку. Атерстон немедленно установил, что долгое время осмеиваемая галька действительно является прекрасным алмазом весом 21 $^{3}/_{16}$ карата (21,73 метрического карата), и с согласия О'Рейли предложил его сэру Филипу Вудхаузу, губернатору Капской провинции. Последний тотчас купил камень за 500 фунтов стерлингов и распорядился показать его на Парижской выставке в том же году. Однако этот алмаз не привлек большого внимания. Всем были известны басни об алмазах, найденных в отдаленных уголках земного шара. Действительно, в течение некоторого времени в бассейне реки Оранжевой нашли лишь несколько небольших камней, и никто не мог предположить, что здесь имеются значительные месторождения алмазов. Все сомнения в отношении перспективности района были рассеяны находкой великолепного алмаза, впоследствии известного под названием «Звезда Южной Африки» или «Дадли». Его нашел в марте 1869 года на ферме Зендфонтейн, рас-

положенной близ реки Оранжевой, мальчик-пастух. Ван Ньекирк, прослышав о новой находке, поспешил на место и купил камень у мальчика за пятьсот овец, десять быков и лошадь, что казалось пастушонку неслыханным богатством, но представляло собой совершеннейший пустяк по сравнению с 11 200 фунтами стерлингов, которые братья Лилиенфельд из Хоптауна дали за алмаз ван Ньекирку.

Замечательная находка тотчас привлекла внимание к местности, где встречаются алмазы такой величины, и район начал наводняться старателями, которые постепенно продвигались вверх по реке Вааль. Некоторое время успех не сопутствовал изыскателям, но наконец в начале 1870 года в Клипдрифте, ныне известном как Баркли-Уэст, было обнаружено богатое месторождение, которое располагалось по обоим берегам реки Вааль непосредственно против лагеря Миссии в Пнеле. Число старателей постоянно росло, пока население на обоих берегах реки не достигло четырех или пяти тысяч человек и жизнь в поселениях не стабилизировалась.

Огромные изменения произошли после открытия еще более богатых рудников, располагавшихся юго-восточнее, на некотором расстоянии от реки. Здесь проходил путь, по которому партии изыскателей спешили к реке Вааль, но никому из них и не снилось такое богатство, какое лежало у них под ногами. Первая находка была сделана в августе 1870 года на ферме Ягерсфонтейн близ Фаурсмита Де Клерком, образованным мастером, который заметил в пересохшем русле ручья много зерен граната и, зная, что этот минерал часто сопутствует алмазу, предпринял попытку исследовать район. Он был немедленно вознагражден находкой прекрасного алмаза весом 50 каратов. В последующий месяц алмазы нашли в 32 км от Клипдрифта, близ Дютойтспана, на ферме Дортфонтейн, и несколько позже на соседней ферме Бюлтфонтейн, где алмаз был обнаружен даже в ступе, употреблявшейся в домашнем хозяйстве. В начале мая 1871 года алмазы были найдены приблизительно в 3 км от фермы Де Бирс, а два месяца спустя, в июле, на той же ферме открыли богатейший участок, названный сначала Колсбергом по названию города близ реки Оранжевой, откуда пришла первая партия изыскателей, но впоследствии переименованный в Кимберли (фото 16, 17) в честь министра колоний того времени. Вскоре вблизи рудников вырос большой и цветущий город. Его размеры и значение быстро возрастали, и он по сей день остается центром алмазодобывающей промышленности. Последующие поиски оказались почти безрезультатными вплоть до открытия рудника «Премьер» (или «Вессельтон») на ферме Вессельтон, приблизительно в 6 км от Кимберли, в сентябре 1890 года. Первое из своих названий этот рудник получил в честь Родса, который был в то время премьер-министром Капской

провинции. Следующее значительное открытие было сделано лишь в 1902 году, когда алмазы были найдены приблизительно в 32 км к востоку от Претории в Трансваале, на руднике «Новый Премьер», который ныне знаменит тем, что здесь добыли гигантский алмаз «Куллинан».

Рудники в Кимберли сначала были известны под названием «сухие разработки» по причине засушливых условий в их окрестностях в противоположность «речным разработкам» на реке Вааль. Нехватка воды была поначалу одной из главных трудностей при разработке «сухих» месторождений, хотя впоследствии скопление подземных вод на низких уровнях оказалось большим препятствием для проведения здесь горных работ. «Речные разработки» были похожи на те, с которыми изыскатели встречались ранее в Индии и Бразилии и в которых алмазы залегали в маломощных галечных отложениях, подстилаемых пустой породой, но рудники в Кимберли представляли собой беспрецедентный феномен во всей истории разработки алмазоносных пород. Алмазы были найдены в рыхлых поверхностных отложениях, которые легко разрабатывались, и некоторое время думали, что подстилающий их известковый слой соответствует коренным породам речных галечников, пока наконец один более любознательный, чем его товарищи, старатель не исследовал залегающую ниже желтоватую землю и не обнаружил, к своему удивлению, что она даже богаче алмазами, чем поверхностный слой. Тотчас началась погоня за брошенными заявками, и жизнь на приисках стала оживленнее, чем когда-либо ранее. Эта «желтая земля», как ее называют в просторечии, представляла собой в значительной мере разложенный материал и поэтому легко подвергалась разработке и обогащению. Приблизительно в 15—18 м ниже поверхности она, однако, переходила в значительно более твердую породу, которая из-за своей окраски получила название «синяя земля». Оказалось, что эта порода тоже содержит алмазы. Трудности возникли тогда, когда каждый из заявочных участков (площадью 30×30 голландских футов, или 31×31 английский фут, или 9,45 м²) стал разрабатываться на глубину. На руднике «Кимберли» (фото 16) доступ к отдельным заявочным участкам обеспечивался тем, что между ними оставлялись полоски земли шириной 4,7 м, по которым и проходили дороги (при этом каждый заявочный участок сократился по ширине до 7 м). Однако эти дороги вскоре были испорчены не только из-за просадки грунта, но и потому, что собственники соседних заявочных участков подкапывали их во время разработок.

К концу 1872 г. последняя дорога исчезла и рудник приобрел вид огромной ямы. Для того чтобы обеспечить доступ к заявочным участкам, не вторгаясь на территорию соседних заявок, а также для того, чтобы доставлять добытую породу на поверх-

ность, воздвигли оригинальную трехъярусную систему канатных дорог (фото 17), при которой нижний ярус был связан с краевыми участками, второй ярус — с участками, расположенными дальше от края рудника, а самый верхний — с участками, расположенными в центре карьера. Рудник в те дни представлял замечательнейшее зрелище, напоминая гигантскую фантастическую паутину, очаровательную не только ночью, при мягком свете луны, но и в дневное время благодаря постоянному перезвону колес подвесных вагонеток, похожему на звуки, издаваемые гигантской эоловой арфой. Эта система успешно решала поставленные перед ней задачи до тех пор, пока с возрастанием глубины выработок не возникли другие серьезные трудности. Лишенные поддержки с боков, стенки карьера обрушались; кроме того, дополнительные затруднения создавали подземные воды, просачивавшиеся в карьер.

К концу 1883 г. дно карьера на руднике «Кимберли», глубина которого достигала приблизительно 122 м, было почти полностью завалено вмещающими породами. На руднике «Де Бирс» стенки карьера располагались уступами, однако в 1884 г. обвалы происходили почти непрерывно, и к 1887 г. на глубине 107 м работы были прекращены. На руднике «Дютойтспан» оставляли поддерживающие откосы целики синей земли, которые удерживали вмещающие породы от оползания на протяжении нескольких лет, но в конце концов в марте 1886 г. произошел катастрофический обвал, при котором погибло восемнадцать горняков. Карьер рудника «Бюлтфонтейн» достиг наибольшей глубины (152 м), но в 1889 г. и здесь произошел обвал и положил конец открытым разработкам. Во всех случаях конечный результат был одним и тем же: дно карьера заваливалось большим объемом пустой породы, что делало опасным проведение горных работ открытым способом; кроме того, такой способ разработки становился невыгодным из-за большой стоимости. Стала ясной необходимость обеспечить доступ к алмазсодержащим породам с помощью шахт, пройденных на достаточном удалении от карьеров, чтобы исключить опасность обрушения вмещающих пород. Такой проект можно было осуществить лишь на кооперативных началах. На фото 17 показан заброшенный карьер рудника «Кимберли» и зияющая бездна бывших разработок, достигших глубины свыше 300 м.

На некоторых рудниках работы уже проводились совместными усилиями нескольких компаньонов, и хотя многие понимали, что полное слияние капиталов на каждом из рудников стало настоятельной необходимостью, лишь двум людям удалось осуществить свои замыслы. Прежде всего это был Сесил Джеймс Родс (1853—1902), который в апреле 1880 г. основал компанию «Де Бирс майнинг», быстро поглотившую остальные заявки на этом руднике и в 1887 г. преобразованную в компанию «Де Бирс консолидейтед

майнинг». Второй предприниматель — Барнато[1], скопив небольшое состояние (примерно 3000 фунтов стерлингов), положившись на свою интуицию и предполагая, что синяя земля также содержит алмазы, дешево скупил заброшенные заявки других владельцев, которые думали, что они не представляют никакой ценности, так как желтая земля на них была выработана, и стал основным владельцем капитала на руднике «Кимберли». Оба этих человека понимали, что для ведения эффективной подземной разработки капиталы должны быть объединены, и единственным, но важным предметом спора стал вопрос о том, кто из них должен руководить делом. Титаническая борьба между этими двумя людьми является эпосом истории противоборства финансовых магнатов. Родс заручился поддержкой Ротшильдов, и ко времени, когда акции рудника «Кимберли» поднялись исключительно высоко, а цена алмазов упала до 18 шиллингов за карат, Барнато обнаружил, что его противник необыкновенно силен, и вынужден был уступить. В 1888 г. рудник «Кимберли» был поглощен компанией «Де Бирс», причем была выплачена огромная сумма в 5 338 650 фунтов стерлингов; новая компания стала именоваться «Де Бирс консолидейтед майнз». Вскоре после этого новая компания поглотила рудники «Дютойтспан» и «Бюлтфонтейн», а в январе 1896 г. приобрела рудник «Премьер», или «Вессельтон». На руднике «Ягерсфонтейн» в 1888 г. была основана компания «Нью Ягерсфонтейн майнинг энд эксплорейшен», но компания «Де Бирс консолидейтед майнз» вела работы и на этом руднике.

Крупнейшая из южноафриканских алмазоносных трубок была открыта в Трансваале в 1902 г. сэром Томасом Куллинаном, который назвал ее «Премьер». Она имеет в плане приблизительно овальную форму и размеры 924×462 м. На столь обширной площади оказалось возможным вести открытую разработку до глубины 200 м. В течение нескольких лет компания «Премьер даймонд майн» продавала свою продукцию в Лондоне, но в 1916 г. она заключила соглашение с Лондонским алмазным синдикатом, а в 1922 г. эта компания была почти полностью поглощена компанией «Де Бирс консолидейтед майнз» и стала дочерним предприятием последней. С 1932 по 1945 г. рудник был закрыт в связи с проходкой шахт, обеспечивших в дальнейшем продолжение разработок уже подземным способом.

В 1970 г. из всех старых рудников района Кимберли добыча велась на пяти — «Де Бирс», «Дютойтспан», «Бюлтфонтейн», «Вессельтон» и «Ягерсфонтейн». Последний, однако, закрылся в 1971 г., в то время как старый рудник «Коффифонтейн», расположенный

[1] Барнет Исаак Барнато (1852—1897). Фамилию Барнато принял его старший брат Генри, который вел дела по обработке и продаже алмазов. Младший брат принял эту фамилию, когда присоединился к старшему брату в Южной Африке.

к северо-западу от Ягерсфонтейна и приблизительно в 80 км к югу от Кимберли, открылся вновь. Компания «Де-Бирс» ведет также открытую разработку крупной трубки на руднике «Финш»; эта трубка, находящаяся приблизительно в 160 км к западу от Кимберли, была открыта лишь в 1960 г. На руднике «Финш», так же как и на руднике «Премьер», добывается больше технических алмазов, чем ювелирных камней.

Среди многих замечательных черт, присущих южноафриканским алмазным рудникам, не последней является обилие добытых крупных камней; здесь их найдено больше, чем в остальных частях света. В Индии и Бразилии находка камня весом более 200 каратов была редким событием, и когда случалась, то порождала большое возбуждение и немалую алчность. Камни такого рода ценились очень высоко, и их страстно желали приобрести могущественные владыки. Такие камни вошли в историю, и о них слагали легенды, многие из которых весьма недостоверны, как уже отмечалось в предыдущем разделе. В Южной Африке было найдено большое количество более крупных камней, чем те, которые можно было использовать для украшения одежды; они были пригодны лишь для регалий и подобных им предметов. Крупные камни, которые могут украсить современное платье, имеют большой вес, что ограничивает возможность их сбыта. Поэтому не удивительно, что многие крупные камни, найденные в Южной Африке, не только остались неизвестными, но были расколоты на более удобные по размеру камни.

Хотя различные методы подземной разработки алмазоносных трубок несколько различаются в деталях, они основаны на едином принципе: из шахты проходятся горизонтальные выработки-штреки, пересекающие трубку, причем расстояние по вертикали между смежными штреками составляет 12 м. Из каждого штрека под прямым углом к нему и параллельно рабочему забою проходятся боковые штреки. В очистном забое ведется систематическая выемка синей земли. Выемка породы производится с нижних горизонтов вверх путем разбуривания и отбойки до тех пор, пока не останется лишь тонкая кровля. Когда вся секция оказывается отработанной и материал удален, кровлю обрушают и работы начинают в следующей секции того же горизонта; в то же время начинается выемка первой секции на следующем, более низком горизонте. Таким образом, разработка ведется одновременно на нескольких горизонтах. На некоторых рудниках камерная система разработки заменена системой этажного обрушения. В свежем виде синяя земля представляет собой твердую и компактную породу, но на земной поверхности она быстро разрушается; желтая земля — это просто разложенная синяя земля. Вначале из синей земли драгоценные камни специально не выделялись. Ее насыпали на расчищенные от кустарника участки земли слоем толщи-

ной до 60 см и в таком состоянии оставляли на период от полугода до двух лет в зависимости от ее качества и количества выпадающих осадков.

Для ускорения дезинтеграции синюю землю часто перепахивали и орошали, что являлось своеобразным приложением сельскохозяйственных методов к горному делу. Охраны для этих масс синей земли не требовалось, потому что алмазы в ней встречаются очень редко. Когда синяя земля достаточно разрушалась, ее перевозили на промывочные установки (фото 18), на которых алмазы и тяжелые минералы отделялись от легких составных частей породы. Впоследствии этот период выветривания синей земли был исключен из технологического цикла. Было введено прямое обогащение, и руда подвергалась дроблению непосредственно после отбойки. На некоторых рудниках первичное дробление осуществлялось под землей, причем отбитая руда спускалась по рудоспускам на нижний горизонт и попадала в механические дробилки. Эти дробилки обычно осуществляют дробление без ударного воздействия, которое может повредить включенные в породу алмазы. Первичное обогащение осуществляется путем промывки и погружения в тяжелую жидкость. Подбирается такая суспензия ферросилиция в воде, которая имеет плотность от 2,8 до 3,2 г/см^3 (в соответствии со свойствами обогащаемой синей земли), и в такой среде алмазы и другие тяжелые минералы тонут, а более легкий материал всплывает и удаляется.

Прежде алмазы выбирались из концентрата при помощи острых глаз обученных рабочих. Но этот процесс значительно упростился, и риск воровства был полностью исключен, когда в 1897 г. Ф. Киршгейн, сотрудник компании «Де Бирс», открыл, что из всех тяжелых составных частей синей земли лишь один алмаз и иногда корунд и циркон, которые нетрудно отсортировать, легко прилипают к жирам и не смачиваются водой. На оригинальной машине, называемой джиггером (jigger) или гризером (greaser) (фото 18), концентрат перемещается водой по серии лотков из оцинкованного железа, покрытых толстым слоем жира. Лотки слабо наклонены и испытывают постоянное возвратно-поступательное движение.

Предварительное гравитационное обогащение применяется также на речных приисках, однако было обнаружено, что здесь процесс обогащения алмазов на жировых столах не эффективен. Алмазы обычно не прилипали к жиру, и весь концентрат нужно было сортировать вручную; при этом в отходы уходило много мелких камней. Лаборатория по изучению алмазов разработала процесс «доводки» алмазов, подвергшись которому они начинали прилипать к жиру. К сожалению, этот процесс способствует также прилипанию некоторых мелких частиц пустой породы. Поэтому иногда вместо жировых столов использовался движущийся «жи-

ровой пояс», что обеспечивало наличие постоянно свежей жировой поверхности.

Непрерывные поиски более эффективных методов полного извлечения алмазов, особенно мелких, привели к разработке различных новых технологических процессов. При электростатическом обогащении используется то свойство алмаза, что он практически не проводит электричество в противоположность большинству частиц пустой породы, являющихся хорошими проводниками электричества. Сухой концентрат пропускается между двумя электродами, между которыми поддерживается электрическое поле высокого напряжения. Наведенный заряд быстрее стекает с частиц пустой породы, чем с алмазов, которые, таким образом, не притягиваются к положительному электроду, отклоняющему частицы пустой породы. Флюоресценция алмазов в рентгеновских лучах применяется в сепараторе, разработанном Лабораторией по изучению алмазов компании «Де Бирс». Флюоресценция выявляется фотоумножителем, который управляет системой извлечения алмазов. Этот сепаратор оказался высокоэффективным, и, видимо, в будущем машины такого рода вытеснят обычные жировые столы и пояса.

Вслед за извлечением алмазы подвергаются сортировке в соответствии с пригодностью для огранки или для других целей, причем при первичной сортировке важную роль играет форма. Выделяются кристаллы без изъянов, которые можно огранить целиком, в виде единого камня. Пятнистые камни, как указывает их название, содержат включения, которые необходимо удалить. Камни со многими изъянами следует расколоть или расщепить на два или более камней. Отделяются деформированные октаэдры и октаэдры — двойники, а также материал, который может быть использован только как абразив, в частности борт — округлые темные камни, употребляющиеся для изготовления буровых коронок. Наиболее важные группы подразделяются далее в соответствии со степенью желтизны камней. Выделяются небольшие неограненные камни и очень мелкие камни, так называемый песок. После закупки алмазы вновь сортируются, но несколько иным образом, для лондонского рынка, и торговцы группируют камни в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями.

Алмазы из разных рудников можно узнать по их форме и цвету, так что эксперты легко определяют происхождение каждого камня. Старые прииски на реке Вааль давали более красивые бесцветные камни по сравнению с камнями, которые добываются в «сухих разработках» и в рудниках на более низких горизонтах. В целом южноафриканские алмазы всегда имеют слегка желтоватый оттенок; рудники Южной Африки знамениты находками ряда прекрасных крупных канареечно-желтых и коричневых камней. Рудник «Кимберли» дает довольно высокий процент белых

камней и большое количество сдвойникованных и желтых камней. На руднике «Де Бирс» добывают главным образом окрашенные камни — желтые и коричневые, иногда серебристые (кейп) и очень редко бесцветные. Рудник «Дютойтспан» примечателен находками крупных желтых алмазов; он дает также красивые белые камни, которые нужно раскалывать, и небольшие белые октаэдры. На руднике «Бюлтфонтейн» добываются небольшие камни, содержащие включения, но выход продукции на этом руднике необычайно устойчив. Рудник «Вессельтон» дает большое количество октаэдров, не содержащих изъянов, и, кроме того, много прекрасных алмазов глубокого оранжевого цвета. Из всех рудников Южной Африки только рудник «Ягерсфонтейн» дает высокосортные камни голубовато-белого цвета со стальным блеском, характерным для старых индийских камней, но добыча на руднике прекратилась, и ныне он закрыт. Вновь открытый рудник «Коффифонтейн» характеризовался небольшим объемом добычи, но здесь также находили высококачественные камни. Новый рудник «Финш», как мы уже отмечали, дает высокий процент технических алмазов. На руднике «Премьер» в Трансваале добывается много алмазов, но большая часть извлекаемых здесь камней нечистой воды или имеет низкое качество, а алмаз «Куллинан» является замечательным исключением.

Главные минералы, ассоциирующие с алмазами в синей земле, представлены магнетитом, ильменитом, гранатом пиропом (известным на рынке под неправильным названием «капский рубин»), энстатитом, более или менее разложенным оливином, цирконом, кианитом и слюдой.

Чтобы проиллюстрировать удивительную продуктивность южноафриканских рудников, можно упомянуть, что рудники «Де Бирс» и «Кимберли» за период с 1889 по 1914 г. дали почти 38 млн. каратов алмазов, в то время как общий объем добычи на бразильских приисках за весь период их деятельности едва превышает 13 млн. каратов. Однако средний объем добычи на южноафриканских рудниках заметно уменьшается по мере увеличения глубины выработок.

Как уже упоминалось выше, для успешной разработки алмазоносных трубок необходимо было создать единый синдикат. «Речные разработки» и добыча алмазов из аллювия могли вестись в небольших масштабах старателями или небольшими компаниями. Но поскольку добыча на этих месторождениях была намного меньше, чем добыча из трубок, компания «Де Бирс» завладела монополией на добычу всех южноафриканских алмазов и стала контролировать мировой рынок, поддерживая постоянные высокие цены. Открытие и разработка алмазоносных площадей на юго-западе Африки и в Заире не повлияли сколько-нибудь существенно на это положение, поскольку объем добычи в этих странах

также контролировался. Однако в 1925—1926 гг. в связи с открытием двух богатых алмазоносных площадей в Южной Африке — в Трансваале и в Намакаленде — положение осложнилось. Объем добычи на них был столь велик, что количество алмазов, добываемых из аллювиальных отложений, сравнялось, а в 1928 г. даже превзошло количество камней, добываемых в рудниках. Наличие большого числа мелких предпринимателей препятствовало ограничению добычи путем соглашения, и вскоре стало ясно, что, если не принять необходимых мер, в алмазной промышленности, от которой в немалой степени зависело экономическое благосостояние Южно-Африканской Республики, может создаться катастрофическое положение. Поэтому в ноябре 1927 г. правительство утвердило так называемый «Акт о контроле за добычей драгоценных камней», согласно которому добыча и продажа драгоценных камней объявлялись прерогативой Британской короны и генерал-губернатор облекался властью принимать необходимые меры к тому, чтобы ограничивать добычу алмазов из аллювиальных месторождений и сокращать поиски новых алмазоносных площадей. Правительство Южно-Африканской Республики продолжало контролировать выдачу лицензий.

Богатые месторождения расположены на юго-западе Трансвааля, на плато в районе Лихтенбурга и Вентерсдорпа. Алмазоносные галечники залегают на доломитах и выполняют карстовые полости в последних, образуя иногда необычайно богатые карманы и скопления. Алмазы найдены также на более низких уровнях — в отложениях речных террас и русел. Чтобы обеспечить разработку последних, на реке Вааль строились плотины из булыжников и земли, которые отклоняли течение воды в каналы вокруг разработок. Этот метод используют до сих пор. Бульдозеры и скреперы ускорили и облегчили тяжелый труд, но значительно увеличили стоимость добычи, и выход продукции на этих аллювиальных разработках всегда был исключительно неустойчивым. В 1928 г. объем добычи алмазов в Трансваале превысил 1 200 000 каратов, но спустя четыре года он упал до половины этого количества.

Месторождения в Намакаленде приурочены к прибрежному поясу, простирающемуся на север в пределы Намибии; они будут описаны в следующем разделе.

В 1958 г. кимберлиты были обнаружены в гористой северо-восточной части Лесото; в недавно опубликованном предварительном отчете указывалось, что здесь встречается много ювелирных алмазов. Выше уже отмечалось, что в этом районе найден камень весом 601,25 карата.

В Ботсване кимберлитовые трубки обнаружены близ Орапы, в 200 км к западу от Франсистауна. По данным компании «Де Бирс», главная трубка имеет размеры около 1200×750 м и явля-

ется второй по величине трубкой из ныне открытых, уступая только трубке «Мвадуи» на руднике «Вильямсон» в Танзании. По-видимому, здесь имеются все данные для открытия крупного алмазного рудника, значительно превышающего по объему добычи рудник «Финш» (который напоминает это месторождение высоким содержанием технических алмазов).

г. Прибрежные месторождения Южной Африки

Впервые алмазы в этих отложениях были найдены в 1908 г. во время строительства железной дороги, когда на берегу залива Людериц были обнаружены небольшие камни весом от четырех до семи каратов. В 1925 г. сходные отложения были найдены близ Порт-Ноллота, к югу от реки Оранжевой; последующие работы показали, что они простираются с некоторыми перерывами вдоль побережья от реки Олифантс на юге через Намибию до Анголы на севере. Алмазы приурочены к залегающим на некоторой высоте пляжным отложениям третичного или четвертичного возраста, причем алмазы концентрируются в кровле и подошве собственно пляжных отложений, а также в отложениях, образовавшихся за счет их переотложения. На некоторых участках галечники подвергаются воздействию ветров, в результате чего алмазы концентрируются на поверхности, так что их можно собирать вручную. Алмазоносные отложения залегают в пределах шельфа. По-видимому, они накапливались в то время, когда уровень моря был относительно высок, и когда море отступило, остались на высоте от 60 до 3 м над современным уровнем моря. К северу от залива Александер-Бей описана необычная ассоциация алмазов и ископаемых раковин устриц, залегающих в слое, известном под названием Ойстер-Лайн. Эта площадь примечательна в том отношении, что здесь при поисках нашли чрезвычайно много камней; они ценились по 12 фунтов стерлингов за карат, а крупнейший камень весом 71,5 карата был продан за 8000 фунтов. Используя власть, предоставленную вышеупомянутым актом, правительство жестко ограничило эксплуатацию и поиски алмазных месторождений в этом регионе. Перед первой мировой войной месторождения на юго-западе Африки разрабатывались 16 различными компаниями, причем размер добычи контролировался правительством Германии, а добытые алмазы продавались синдикату в Антверпене. В настоящее время эксплуатация ведется в основном компанией «Консолидейтед даймонд майнз оф Саут-Уэст Африка» («СДМ»), которая является дочерним предприятием компании «Де Бирс».

На многих участках алмазоносные отложения погребены под толщей песков, которые удаляются в процессе вскрышных работ.

Затем террасы опробуются разведочными канавами, и экономически выгодные для разработки галечники подвергаются обогащению. После первичного обогащения в тяжелых средах в концентрате остаются минералы, которые могут быть удалены при помощи магнитного сепаратора. Как и на других осадочных (аллювиальных) месторождениях алмазов, необходима «доводка» перед процессом извлечения алмазов с помощью жирового пояса. На установке компании «СДМ» алмазы извлекаются путем электростатической сепарации.

Типичные алмазы из этих месторождений представлены хорошо сформированными додекаэдрами или октаэдрами с округлыми гранями, сдвойникованными октаэдрами. Большинство камней высококачественные; количество камней с изъянами и технических камней относительно невелико. В 1969 г. компания «СДМ» стала крупнейшим мировым поставщиком ювелирных алмазов. Отмечается удивительно закономерное уменьшение размера камней вдоль побережья к северу и югу от устья реки Оранжевой. Это и другие обстоятельства привели к общему выводу о том, что алмазы были вынесены этой рекой из внутренних областей материка (хотя определенный вклад могли внести и другие реки) и концентрировались в прибрежных отложениях в результате деятельности моря. Периодические паводки, обусловленные обильными дождями в условиях аридного климата, способствовали быстрому выносу обломочных частиц в море, а не отложению их в аллювии вдоль русла реки. Источниками сноса алмазов являются, как предполагают, залегающие во внутренних частях материка кимберлиты, хотя, по мнению ряда геологов, определенную роль могли играть также коренные источники, расположенные ныне ниже уровня моря. Интересно отметить, что, согласно определениям, возраст кимберлитов равен приблизительно 59 млн. лет, в то время как древние поднятые пляжи, в которых сейчас находят обломки кимберлитов, имеют возраст всего лишь около 1 млн. лет.

Алмазы, без сомнения, выбрасываются на берег морем, и внимание исследователей в последнее время привлекла, естественно, возможность обнаружения алмазов на современном морском дне. Приблизительно с 1962 г. в различных участках прибрежных районов проводились поисковые работы, выполнявшиеся рядом компаний, в том числе компанией «Марин даймонд корпорейшен», являющейся дочерним предприятием компании «СДМ». Проводилось драгирование и подъем осадков с помощью сжатого воздуха, подводимого к дну по широкой трубе. Совсем недавно разработан метод открытой выемки алмазоносных отложений в приливной зоне под защитой временных дамб.

д. Западная Африка

В 1910 г. алмазы были впервые обнаружены в Заире в отложениях реки Киминина близ водопада Маи-Мунене, и признаки алмазоносности были столь многообещающими, что «Международное лесное и горное общество» (обычно известное под сокращенным названием «Форминьер») предприняло систематические исследования, в результате которых была открыта крупнейшая из известных алмазоносных площадей, простирающаяся в пределы соседней Анголы, где месторождения алмазов разрабатываются «Алмазной компанией Анголы» («Диамант»), являющейся дочерним предприятием компании «Форминьер». Согласно оценкам, алмазоносная площадь охватывает свыше 390 000 км². Она стала важнейшим источником алмазов и поставляет около 60% (по весу) всех алмазов. Однако ювелирные алмазы составляют лишь несколько процентов от этого количества, остальная часть приходится на технические алмазы. Было выявлено также несколько обнажений кимберлитов, и из некоторых из них, а также из залегающих в непосредственной близости галечников были извлечены, как сообщают, алмазы отличного качества.

Алмазоносные галечники залегают в долинах различных по величине рек, которые пересекают плато, сложенное почти горизонтально залегающими песчаниками юрского — триасового возраста. Камни обычно невелики — от 8 до 12 штук на карат, но встречаются камни весом 44 карата. Качество их весьма различное. Алмазу сопутствуют кварц, ставролит, кианит, ильменит, турмалин, хризоберилл и гранат; в долине реки Бушимайе в Заире ставролит отсутствует, но отмечается диопсид с ильменитом и гранатом. Галечники подвергаются механическому обогащению, и алмазы выбираются затем вручную. Такая система сильно затрудняет предотвращение воровства камней.

Аллювиальные алмазоносные отложения обнаружены также в бассейне реки Котто в Центральноафриканской Республике, в Конго (Браззавиль) и в Габоне.

Вслед за тем как сэр Альберт Китсон нашел алмаз в Абомосо вблизи реки Бирим, в Гане были обнаружены богатые алмазоносные площади. Встречающиеся здесь камни очень невелики по размерам: в среднем на 1 карат приходится около 35 камней; самый крупный из обнаруженных камней весил меньше 4,5 карата. Тем не менее они стали предметом оживленной торговли и использовались в технических целях. Сопутствующие алмазам минералы представлены здесь главным образом ставролитом и ильменитом. Более крупные алмазы, один из которых весил 10,5 карата, найдены в галечниках реки Белая Вольта в пределах Северной области.

В 1930 г. сотрудники Геологической службы Сьерра-Леоне на берегу реки Гбобора в кварцевых галечниках обнаружили два алмаза чистой воды весом приблизительно по $^1/_4$ карата каждый. В 1931 г. трест «Консолидейтед Африкен селекшен» организовал поисковую партию и в конце концов получил исключительное право на ведение поисковых работ на обширной территории в восточной части Сьерра-Леоне. Были выявлены богатые алмазоносные площади, причем обнаруженные здесь камни соответствовали по качеству нескольким разновидностям — от борта до прекраснейших голубовато-белых алмазов. По размеру камни варьировали от небольших (в среднем от 10 до 12 на карат) до камня весом 144 карата. Прекрасный камень весом 78 каратов был продан за 5000 фунтов стерлингов. В 1943 г. здесь нашли камень весом около 530 каратов, в 1945 г. был найден камень весом около 770 каратов, а в 1972 г.— камень весом 969 каратов. Последние два камня уступают по размерам только «Куллинану» и «Эксельсиору». Все указывает на то, что разработкам алмазоносных площадей Сьерра-Леоне суждена долгая жизнь.

Важная область добычи алмазов расположена к северу от Сьерра-Леоне. Алмазы были обнаружены также на территории Берега Слоновой Кости и недавно в Либерии.

е. Центральная и Восточная Африка

В 1903 г. небольшие алмазы были найдены в галечниках, залегающих на выветрелых гранитах близ Сомабула-Форест, приблизительно в 19 км к западу от Гвело, в Зимбабве. На этом месторождении алмазам сопутствуют обильный хризоберилл, голубой топаз, кианит, рубин, сапфир, турмалин и гранат. Эта алмазоносная площадь небогата, и здесь был проведен лишь небольшой объем систематических исследований.

О существовании алмазов в Танзании было известно еще в 1910 г., но промышленные разработки не предпринимались до 1925 г. Алмазоносная площадь расположена к югу от озера Виктория. Алмазы впервые были обнаружены в Мабуки, в 58 км к юго-востоку от Мванзы, расположенной на южном берегу озера. Позднее они были найдены также близ Шиньянги и на плато Ирамба, в нескольких сотнях километров далее к югу. В районе установлено более 40 трубок, но они оказались почти пустыми, и вначале думали, что алмазоносные поверхностные отложения привнесены издалека и не связаны с обнаженными ныне трубками. Однако в 1940 г. Уильямсон обнаружил в Мвадуи эллиптическую трубку размером 1500×1200 м, которая с тех пор дает значительную часть общей добычи алмазов. Самый крупный камень весом 240,83 карата найден здесь в 1956 г. Камень весом около 67 каратов назван «Бэттерсхил» в честь губернатора сэра

Уильяма Бэттерсхила, который посетил это месторождение в день его открытия. Уильямсон подарил королеве Елизавете II (в то время еще принцессе Елизавете) по случаю замужества розовый алмаз весом 54,5 карата. Этот алмаз украсил брошь, изготовленную в виде цветка, и демонстрировался в 1959 г. в Лондоне на выставке «Вечный алмаз». После смерти Уильямсона рудник купили на паях правительство Танзании и компания «Де Бирс консолидейтед майнз».

ж. Советский Союз

В течение длительного времени добыча алмазов в России велась в небольших масштабах из аллювиальных отложений в Уральских горах. Однако многие геологи полагали, что алмазоносные породы существуют также на Сибирской платформе, и после второй мировой войны здесь начались интенсивные поиски алмазов. Богатые аллювиальные месторождения были открыты в 1949 г. в бассейне реки Вилюй (притоке реки Лены) в Якутской АССР. Пятью годами позже молодая женщина-минералог Л. А. Попугаева, работавшая в полевой партии, руководствуясь находками обильных пиропов, нашла первую алмазоносную кимберлитовую трубку. Проводившиеся в широких масштабах дальнейшие исследования позволили выявить в этой части Сибири обширную алмазоносную провинцию. В течение пяти лет здесь было открыто более 120 трубок, но многие из них оказались пустыми. Наиболее важные из трубок получили собственные названия, как, например, трубка «Мир», на которой начались разработки. Эксплуатация месторождений в этой области сталкивается с большими трудностями из-за суровых природных условий (рельефа и климата), но тем не менее здесь основали процветающий город Мирный. Трубки имеют типичную воронкообразную форму и более или менее овальные очертания в плане. На поверхности площадь трубки «Мир» достигает 490×320 м; впоследствии были открыты трубки, площадь которых вдвое превышает площадь трубки «Мир».

На северо-востоке плоскогорья обнаружены также россыпные месторождения; как сообщают, для них обычны окрашенные алмазы. Большинство камней, как из первичных, так и из осадочных месторождений, невелики по размерам. Среди них отмечается значительный процент осколков и обломков (технических алмазов), но добыча быстро возрастает. Иногда находят и довольно крупные камни. Об одном из них, весом 236 каратов, сообщалось в прессе. Окончательная выборка алмазов производится главным образом на автоматическом рентгено-флюоресцентном сепараторе[1].

[1] Месторождения СССР описаны в книге «Алмазы Сибири», Госгеолтехиздат, 1957.— *Прим. ред.*

3. Другие страны

Находки алмазов на Калимантане и в других районах Индонезии были известны с очень давних времен. Наиболее крупные алмазоносные площади расположены на реке Ландак, близ Понтианака, на крайнем западе, и вокруг Мартапуры, близ Банджармасина, на юго-востоке. Алмазы находят в довольно грубых галечниках в ассоциации с корундом, рутилом и благородными металлами — золотом и платиной. По рассказам, местных жителей довольно часто можно увидеть в жилетах, украшенных золотыми пуговицами, в каждую из которых вправлен алмаз. Алмазы встречаются в виде правильных кристаллов в большинстве случаев чистой воды; обычны также желтоватые и канареечно-желтые камни, но розовато-красные, голубоватые, дымчатые и черные камни редки. По весу они редко превышают 1 карат, и в среднем на карат идет четыре камня. Однако находили камни весом и в 10 каратов, а иногда встречались алмазы весом 20 каратов. Алмазы с Калимантана считаются необычайно твердыми, вероятно из-за двойниковой структуры кристаллов.

Сообщалось, что в 1850 г. нашли крупный алмаз весом 77 каратов. Крупный исторический камень «Маттан», которым владел Маттанский раджа, является, вероятно, кварцем.

В Новом Южном Уэльсе алмазы были найдены еще в 1851 г. на реке Тьюрон и на ручье Риди-Крик, близ Батерста, приблизительно в 145 км от Сиднея, но эта находка представляла небольшую коммерческую ценность. Более крупное месторождение было открыто в 1867 г. севернее, в Маджи. В 1872 г. алмазы нашли на крайнем севере штата, близ границы с Квинслендом. В 1884 г. нашли еще одно месторождение в Тинге, а в 1904 г. алмазы обнаружили на прииске, разрабатывавшем оловоносную россыпь, в Инверелле, в том же районе.

Австралийские алмазы характеризуются отличным качеством: они бесцветные и имеют правильную форму. Они невелики — в среднем на карат приходится до пяти камней, а наиболее крупный ограненный камень имел вес несколько меньше 6 каратов. Подобно камням с Калимантана, австралийские алмазы снискали славу очень твердых камней, которые поддаются огранке только с помощью порошка, изготовленного из них же; обычный же алмазный порошок для этой цели непригоден. Несомненно, это утверждение основано на недоразумении, поскольку существенной разницы в твердости алмазов быть не может. Однако, если алмазы имеют двойниковую структуру и двойники неразличимы невооруженным глазом, то весьма вероятно, что направления относительной мягкости в кристаллах оказываются скрытыми.

В Суринаме и Гайане установлен алмазоносный пояс шириной около 15—50 км, простирающийся параллельно берегу и располо-

женный в 160 км вглубь от побережья. Разработок здесь мало из-за труднодоступности района. Но по мере освоения страны добыча алмазов может стать важной отраслью промышленности. Алмазы встречаются главным образом в речных галечниках, причем наибольшее значение имеют бассейны пяти рек: Мазаруни, Пуруни, Потаро, Куюни и Бербис. Минералы-спутники представлены кварцем, халцедоном, рутилом, турмалином, топазом, корундом, гранатом, ильменитом и золотом. В целом алмазы невелики по размерам — в среднем около шести камней на карат, но иногда достигают веса 10 каратов. Самый крупный камень, найденный в 1926 г. на реке Потаро, весил 56 каратов.

Впервые алмаз был найден в Суринаме и Гайане в 1887 г. на золотых приисках на реке Потаро, но из-за труднодоступности месторождения освоение его продвигалось медленно. Разработка велась в основном мелкими предпринимателями, и методы извлечения алмазов были примитивными.

Время от времени сообщалось о находках алмазов во многих удаленных друг от друга районах Соединенных Штатов Америки, но они не имели большого значения. Алмазы были найдены на золотых приисках Калифорнии еще в 1850 г. Алмазоносная площадь близ Манчестера в Виргинии замечательна тем, что в 1885 г. здесь нашли алмаз «Дьюи» — октаэдр с округлыми ребрами весом $23^{3}/_{4}$ карата (24,4 метрического карата), который в то время был наиболее крупным камнем из найденных в США. В настоящее время самой важной алмазоносной площадью в США является район, открытый в 1906 г. близ Мерфрисборо в Арканзасе; крупнейший из найденных здесь камней представляет собой неправильный октаэдр весом 40,22 метрического карата. Около 50 000 алмазов были найдены на четырех небольших участках, сложенных ультраосновными породами, напоминающими кимберлиты, выходы которых, однако, не имеют более или менее округлых очертаний в плане, характерных для типичных трубок. Часть этой площади является заповедником и доступна для широкой публики за небольшую плату; этот заповедник известен под названием «Алмазный кратер». Искателям разрешается использовать любой инструмент, который они могут переносить в руках, и присваивать любой найденный ими камень весом менее 5 каратов; за более крупные камни взимается пошлина. Счастливой находкой был камень весом 15,31 карата, обнаруженный в 1956 г. Этот камень был огранен в маркиз весом 8,27 карата; ныне он известен как «Звезда Арканзаса».

В ограниченных количествах алмазы встречены в речных галечниках в Венесуэле. Они найдены также в северной части провинции Хунань в Центральном Китае.

21
Происхождение алмаза

Из всех драгоценных камней алмазы наиболее широко распространены в природе. Алмазоносные площади занимают обширные области в Африке, и алмазы редко, но равномерно рассеяны в материале, заполняющем «бездонные» жерла в земной коре на юге этого континента. Они найдены также в Азии, Индии, Южной Америке и в других районах земного шара. Более того, на тех континентах, где алмазы уже найдены, остаются еще значительные пространства, сулящие новые открытия. Поэтому то обстоятельство, что алмаз сохраняет свое значение в мире ювелирных изделий, может показаться несообразным, так как он нарушает одно из существенных требований, предъявляемых к драгоценному камню,— редкость. Однако объясняется это весьма просто: добыча алмазов тщательно контролируется, так что уровень цен не подвержен резким колебаниям, а в соответствии с уникальной твердостью и необходимыми затратами труда на его обработку ограненный алмаз не может не быть относительно дорогим.

На аллювиальных алмазоносных площадях мира галечники, конгломераты, песчаники, метаморфические сланцы или другие горные породы, из которых извлекают алмазы, как бы разнообразны они ни были, имеют тем не менее одну общую черту — ни одна из этих пород не является материнской для этого драгоценного минерала. В перечисленных примерах в осадок входят алмазы, перенесенные водой, обычно реками или другими потоками, но, возможно, также и морем, и сам этот осадок является продуктом дезинтеграции еще более древних размытых горных пород. Весьма вероятно, что некоторые минералы, ассоциирующиеся с алмазами, имеют общий с ними источник и сопровождали их на всем пути их богатого приключениями путешествия. Несмотря на необычайную твердость, алмазы иногда явно окатаны, что указывает на их перенос на огромное расстояние.

Алмазоносные трубки района Кимберли и других районов имеют совсем другой характер и, помимо их значительной промышленной ценности, представляют исключительный научный интерес, так как они проливают свет на происхождение алмазов — проблему, которая долгое время ставила в тупик научный мир.

Типичная трубка имеет воронкообразную форму, более или менее овальное поперечное сечение и суживается с глубиной

(рис. 119). Площадь поперечного сечения трубки на современной поверхности земли зависит, таким образом, от мощности эродированных пород. Трубка на руднике «Вильямсон» имеет площадь (на поверхности) 1500×1170 м, а трубка на руднике «Кимберли», до того как обвалы вмещающих пород значительно расширили котлован, имела площадь 260×200 м. Небольшие трубки могут иметь в диа-

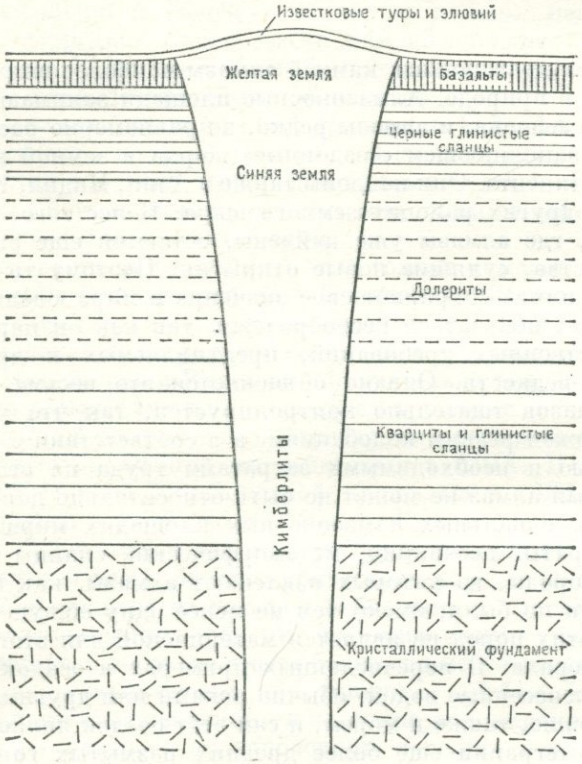


Рис. 119. Схематический разрез типичной алмазоносной трубки в районе Кимберли.

метре лишь несколько десятков метров; часть таких трубок располагается иногда вдоль трещин или даек. Синяя земля, заполняющая трубки и трещины, явно была привнесена в них с больших глубин, поскольку она не обнаруживает никакой связи с окружающими породами. Глубина выработок на руднике Кимберли достигла почти 1200 м, но никаких признаков истощения синей земли пока не отмечено. Однако следует принять во внимание, что эта глубина, как бы велика она нам ни казалась, весьма

мала по сравнению со средним диаметром Земли (около 12 720 км) и представляет лишь маленький «прокол» в поверхностных слоях.

Сама синяя земля являлась первоначально изверженной горной породой, богатой оливином (перидотом) и родственной горной породе, известной под названием перидотита, но она подвергалась интенсивному гидротермальному изменению, при котором большая часть оливина превратилась в серпентин. Порода часто испытывала также значительное механическое напряжение и дробилась, так что нередко ее можно описать как серпентинитовую брекчию. Карвил Льюис[1], впервые изучивший синюю землю, назвал ее кимберлитом по названию места, где она была впервые обнаружена. Вкрапленный в кимберлит алмаз показан на цветном фото I. Синий цвет кимберлита указывает на то, что эта порода богата железом; с окислением железа связана желтая окраска кимберлита близ поверхности земли.

Вмещающие кимберлит породы изучены до значительных глубин в шахтах, из которых проходились штреки для разработки кимберлита. На руднике «Кимберли» измененные железистые базальты мощностью 60—75 м залегают на черных глинистых сланцах. Ниже вскрыта серия горизонтально залегающих слоев, представленных конгломератами и кварцитами и чередующимися с ними покровами изверженных пород; на глубине около 750 м ниже поверхности выработки вошли в граниты, слагающие кристаллический фундамент. На руднике «Де Бирс» фундамент располагается на меньшей глубине. На этих рудниках, так же как и на многих других рудниках Южной Африки, слои залегают почти горизонтально и не загибаются вверх вблизи трубок. Однако в ряде случаев по мере приближения к стенкам трубки слои могут наклоняться в стороны от нее и в конце концов залегать почти вертикально или с обратным наклоном, так что у стенок трубки они могут падать по направлению к последней. Трубки нельзя рассматривать как типичные вулканические некки, так как, несмотря на многочисленные признаки влияния огромного давления, отсутствуют какие-либо данные о высоких температурах, вызывающих термальный метаморфизм пород, слагающих стенки трубок.

Характерной чертой кимберлитов являются включения многочисленных обломков чужеродных пород (ксенолитов), достигающие объема многих тысяч кубических футов. Многие из них сходны с вмещающими трубку породами. Например, на руднике «Кимберли» на ранних стадиях разработки в синей земле находили многочисленные обломки черных углистых сланцев. Была выдвинута теория, согласно которой алмазы образовались при воздействии кимберлитовой магмы на эти обломки, и возникло опасение, что

[1] *Lewis, Henry Carvill* (1853—1888), The Genesis and Matrix of the Diamond, ed. *Bonney T. G.*, London, New York and Bombay, 1897, p. 50.

когда выработки пройдут горизонт сланцев, алмазы в них иссякнут. Эта идея вскоре была опровергнута, так как добыча алмазов не прекратилась, а в ряде случаев даже возросла, когда выработки углубились ниже горизонта сланцев; многие трубки оказались пустыми, а на рудниках, где были вскрыты лишь более древние породы, лишенные прослоя черных сланцев, добыча не прекращалась. Из большого числа обнаруженных трубок только 1—2% оказались алмазоносными; при этом содержание алмазов в кимберлите в продуктивных трубках ничтожно — одна часть на несколько миллионов даже на богатых рудниках. Весьма вероятно, что кимберлит в трубках не является тем веществом, в котором росли алмазы, а представляет собой лишь среду, которая транспортировала алмазы к поверхности земли после того, как они кристаллизовались на больших глубинах. Крукс уже давно предположил, что движущим агентом являлась газообразная форма воды — пар, и именно он способствовал перемещению материала, выполняющего трубки, вверх. Характерной чертой продукции, добываемой из многих трубок как в Южной Африке, так и в Якутии, является высокое содержание расколотых кристаллов и трещиноватых обломков.

Естественные кристаллы алмаза часто содержат включения. Полагая, что эти включения могут пролить свет на генезис алмазов, ученые подвергали их различным исследованиям. Раньше, когда пользовались только оптическими методами, многие мелкие кристаллические включения описывались как «углистые пятна», так как из-за полного отражения света они кажутся совершенно черными. С помощью рентгеноструктурного анализа и методов электронной микроскопии удалось получить более точные данные. Включения в технических алмазах выделяют для дальнейших исследований, сжигая алмаз. Особый интерес представляют сингенетичные включения, заключенные в алмаз одновременно с ростом его кристаллов. В алмаз часто включены оливин, богатый форстеритовой составляющей, гранат (пироп или альмандин), хромовая шпинель, энстатит, диопсид, рутил, магнетит. Некоторые включения оливина обнаруживают, по-видимому, признаки плавления, что указывает на образование алмаза в области высокого давления и высокой температуры. Эти значения давления и температуры превышают значения, характерные для стабильного состояния существовавшего ранее оливина [1]. Весь комплекс минералов заставляет предполагать, что в том случае, если эти минералы кристаллизовались из той же магмы, из которой формировались алмазы, материнской алмазоносной породой должна быть разновидность гранатового перидотита или эклогита (гранат-пи-

[1] *W. F. Eppler*, Inclusions in diamonds, Journal of Gemmology, 1961, vol. 8, p. 8.

роксеновая порода с высоким удельным весом, которая, как полагают, слагает глубокие горизонты земной коры или внешние части мантии). Ксенолиты таких пород действительно встречаются в кимберлите, и очень редко в них присутствуют алмазы. Глубина образования алмазоносного эклогита оценивается в 190—555 км. Бесцветные октаэдры алмазов находили в окатанных обломках эклогитов из южноафриканских рудников в начале нынешнего столетия; находки такого рода отмечались и в дальнейшем как в Южной Африке, так и в Якутии.

В ряде случаев химизм минералов, включенных в алмаз, указывает на происхождение в условиях, отличных от обычных условий земной поверхности; в частности, об этом свидетельствует чрезвычайная обогащенность их хромом. Содержание хрома в богатых форстеритом оливинах выше, чем в оливинах, встреченных в собственно кимберлите. Хромовые шпинели богаче хромом, чем обычный хромит, и напоминают в этом отношении хромит, присутствующий в некоторых метеоритах. Одна из разновидностей граната представлена хромовым пиропом, содержащим 30% $Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$— молекулы, являющейся крайним членом изоморфного ряда [1].

Часто сообщалось о включениях кварца, хотя многие исследователи полагают, что они всегда являются вторичными внедрениями. В то же время недавно с определенностью установили включение в алмазе кремнезема со структурой коэсита — фазы, образующейся в условиях высокого давления и впервые полученной в результате искусственного синтеза. Интерес представляют также находки алмазов в богатых кремнекислотой горных породах в крупных метеоритных кратерах на поверхности земли, где необходимое высокое давление возникало, вероятно, в результате удара метеорита о поверхность. Это давление могло также вызвать кристаллизацию мельчайших кристалликов алмаза, которые обнаружены в нескольких метеоритах. Глубина, на которой коэсит мог бы образоваться за счет кварца, должна составлять около 100 км.

Не только включения, но морфология и внутренние дефекты кристаллов самого алмаза дают ключ к решению проблемы их происхождения, и специалисты в области физики твердого тела уделяют с недавних пор особое внимание этому аспекту исследований. Многие алмазы обнаруживают зональность со слоями, отражающими последовательные стадии роста кристалла и указывающими на изменение условий среды во время этого роста. Отмечаются, например, изменения габитуса кристаллов, а последовательные зоны могут характеризоваться совершенно различным

[1] *H. O. A. Meyer*, Géochemie des inclusions minerales dans les diamants naturels, Bulletin de l'Association Français de Gemmologie, 1970, No. 22.

содержанием азота. Франк [1] доказывал, что образование кристаллов алмаза и их рост происходили в силикатной среде, поднимавшейся с глубины более 120 км и имевшей температуру свыше 1000 °С. По-видимому, должно было иметь место значительное перемешивание материала как во время начальной стадии зарождения кристаллов, так и во время более позднего их роста в других условиях. Затем часто происходило повышение температуры и частичное растворение образовавшихся кристаллов. В течение конечной стадии движения материала вверх по трубкам кристаллы алмазов находились в нестабильном состоянии; имеются указания на то, что скорость движения алмазоносного материала в трубках достигала 100 км/ч.

В связи с проблемой глубины образования алмазов, встречающихся ныне в кимберлитовых трубках, представляет интерес тот хорошо установленный факт, что во многих случаях камни, добытые на различных, даже близрасположенных рудниках, весьма различны. Для южноафриканских рудников эти различия столь отчетливы, что опытные специалисты обычно могут распознать, с какого рудника поступила та или иная партия камней (отдельные камни, конечно, не обладают такими характерными чертами). Исследователи якутских алмазов пришли к выводу, что между типом кимберлита, содержанием в нем алмазов и минералами-спутниками не существует очевидной взаимосвязи.

В некоторых районах геологические взаимоотношения горных пород позволяют в достаточно узких пределах определить время внедрения кимберлита. В Южной Африке это событие датируется приблизительно 100 млн. лет назад, а в Якутии возраст кимберлитов древнее и достигает 200 млн. лет. Прямое определение радиологическими методами возраста эклогитовых и родственных им ксенолитов и ксенокристаллов, заключенных в синей земле, дает для обоих упомянутых регионов значительно более древний возраст — приблизительно около 650 млн. лет. Тем самым подтверждается вывод о том, что этот материал произошел из глубоко залегавших и давно существовавших горных пород и вынесен кимберлитом вверх во время внедрения. Алмазы широко распространенных и промышленно важных аллювиальных месторождений могли далеко переноситься от мест своего коренного залегания. Перенос осуществляется в течение длительного времени (даже с геологической точки зрения) с того момента, как алмазы достигают земной поверхности. Поэтому нельзя ожидать, что каждая алмазоносная площадь обязательно связана с какой-либо известной трубкой, поскольку те трубки, которые служат коренным

[1] *F. C. Franc*, Defects in diamond, Proc. Intern. Industrial Diamond Conf., Oxford, 1966, p. 119—135. Industrial Diamond Information Bureau, London, 1967.

источником алмазов данной алмазоносной площади, могут быть скрыты последующим осадконакоплением и ныне могут быть, конечно, погребены под более молодыми породами. Помимо южноафриканских и советских месторождений, алмазоносные трубки известны в Конго и Анголе, в Сьерра-Леоне, Танзании и в других районах земного шара, в частности в Индии (Маджгаон) и в США (Мерфисборо). Там, где сами аллювиальные месторождения имеют древний возраст, как, например, вероятные докембрийские месторождения (древнее 600 млн. лет) Бразилии и Ганы, существует еще большая вероятность того, что первичные источники алмазов погребены или уничтожены [1].

---

[1] Синтез алмаза, проведенный впервые в Швеции в 1953 г., а позднее, в 1954 г., в США, подтвердил предположение, что алмаз является фазой высокого давления. Сейчас алмаз уверенно синтезируется в промышленных количествах. Из искусственного алмаза изготавливается много технических материалов: алмазные пилы, абразивные круги, фрезы, напильники, абразивный порошок и отчасти буровые коронки. Масштабы использования синтетического алмаза указать очень трудно. Видимо, его изготавливается много миллионов каратов ежегодно.

К сожалению, синтезируются пока только мелкие кристаллы алмаза, размером в доли миллиметра, и хотя во всех странах уже многие годы ведутся исследования по изучению условий роста алмазных кристаллов, до сих пор не удалось в промышленных условиях получить крупные кристаллы алмаза, пригодные для использования в ювелирных изделиях. В литературе иногда появляются сообщения о синтезе крупных кристаллов, однако стоимость таких искусственных кристаллов, видимо, пока намного превышает стоимость природных кристаллов.

Вторым доказательством глубинного генезиса может служить сопутствующий алмазу пироповый гранат, содержащий довольно много хрома. Эксперименты по синтезу гранатов показали, что пироп может быть синтезирован только в условиях высокого давления.

Третьим доказательством является то, что в кимберлитовых трубках встречаются другие соединения в фазах высокого давления. Выше уже указывалось, что в качестве включений в алмазе встречается коэсит — минерал, имеющий тот же состав, что и кварц (SiO_2), но образующийся только при давлении более 30 тыс. атм. Позднее в кимберлитовых трубках были найдены обломки горных пород, содержащих коэсит. Так, в южноафриканской трубке «Роберт-Виктор» был найден 5-килограммовый обломок коэситового гроспидита — породы, содержащей кристаллы коэсита размером более 3 мм и, кроме того, полевой шпат и гранат. Коэситовая порода встречена и в Якутии в трубке «Айхал».

В кимберлитах встречаются также обломки эклогитов — пород с таким же химическим составом, как и типичный базальт, но имеющих иной пироксен-гранатовый минеральный состав, который может возникнуть только при давлениях более 10 тыс. атм.

Все сказанное выше позволяет уверенно говорить об образовании алмаза и вмещающих его пород на глубинах порядка 100 км.

Если о глубинной природе алмаза и алмазоносных пород можно говорить с уверенностью, то условия образования заполненных кимберлитом трубок остаются пока совершенно неясными.— *Прим. ред.*

22
Корунд

Корунд, занимающий по твердости второе место и уступающий в этом отношении лишь алмазу, широко известен под названиями «сапфир» и «рубин» и удерживает ведущее положение среди цветных драгоценных камней. Яркий блеск рубина и восхитительная окраска сапфира непревзойденны, и замечательно, что один и тот же минерал славится столь различными, но одинаково великолепными цветами. Однако этим не исчерпывается его разнообразие. Существуют очаровательные желтые камни, обладающие наибольшей твердостью, блестящие, почти бесцветные камни, которые, правда, уступают алмазу по игре, и, кроме того, камни, обладающие другой, менее привлекательной окраской — лиловой, желтоватой, голубоватой и зеленой. Природные кристаллы и ограненные камни разной окраски показаны на цветном фото II. Однородность окраски — обычное требование, предъявляемое к корунду. Так, при внимательном рассмотрении оказывается, что лиловые камни состоят из чередующихся синих и красных слоев; обычны желто-синие пятнистые камни. Благодаря особенностям кристаллической структуры некоторые камни, будучи ограненными в виде кабошона, дают яркую светлую шестиконечную звезду. Сапфир и рубин вместе с алмазом, жемчугом и изумрудом занимают ведущее положение в мире драгоценностей. Это весьма распространенные камни, особенно в кольцах. Они сравнительно редко имеют большие размеры и поэтому, а также из-за высокой стоимости редко применяются при изготовлении крупных ювелирных изделий.

Как уже было отмечено выше, этот минерал известен в минералогии как корунд, причем его синяя разновидность называется сапфиром, а красная — рубином. В сфере торговли, однако, термин «корунд» применяется для обозначения непрозрачных камней, которые измельчаются в порошок и используются как абразив; такой «корунд» является относительно чистым материалом, чем отличается от «наждака», который также представляет собой измельченный корунд, но в смеси с магнетитом и другими тяжелыми минералами, имеющими более низкую твердость. Словом «сапфир» ювелиры обозначают все разновидности, за исключением красного рубина. Так, ювелиры говорят о белом сапфире, желтом сапфире, зеленом сапфире и даже о розовом сапфире. «Падпарад-

шах», «падпарадша» или другие искаженные формы сингалезского слова padmaragaya (цвет лотоса) введены для обозначения розово-красного с желтоватым оттенком драгоценного материала с Цейлона, но обычно они используются для обозначения синтетического материала с подобной окраской. Такой вычурной термин едва ли нужен, и можно надеяться, что он выйдет из употребления.

В Средневековье самые лучшие драгоценные камни попадали в Европу с Востока, и поэтому, чтобы отличить их от сходных с ними по окраске европейских камней, к более твердым разновидностям добавляли приставку «восточный». Так, название «восточный топаз» использовалось для обозначения желтой, «восточный хризолит» — желтовато-зеленой, «восточный изумруд» — зеленой, «восточный аквамарин» — голубовато-зеленой, «восточный аметист» — фиолетовой и «восточный гиацинт» — розовой разновидностей корунда. В настоящее время такие термины не имеют смысла и вводят в заблуждение, и в дальнейшем их не следует применять.

Звездчатые камни, или астерии,— это синие (звездчатый сапфир) или красные (звездчатый рубин) корунды, ограненные в виде кабошона и обнаруживающие при соответствующем освещении шестилучевую звезду (цветное фото III). Объяснение этого явления приводится ниже.

Слово «корунд» (по-французски corindon) происходит от древнего индусского слова korund, значение которого неизвестно; это слово стали применять для обозначения камня, который впервые попал в Европу из Индии.

«Сапфир» — слово, обозначающее синий; вначале оно относилось к ляпис-лазури и, возможно, другим непрозрачным минералам синего цвета. Происхождение этого слова неясно. Оно пришло к нам через латинскую форму sapphirus от греческого σάπφειρος. Сходное слово существовало как в древнееврейском, так и в персидском языках, но оно, по-видимому, не являлось семитским по происхождению. Полагают, что первичным источником был, возможно, санскрит. Термин обычно используется для обозначения синей разновидности корунда, но может прилагаться и к другим минералам. Например, термин «бразильский сапфир» относится к синему турмалину, а «водяной сапфир» или «рысий сапфир» — к кордиериту. Однако эти термины явно неправильные, и их не следует применять.

Слово «рубин» (ruby), что значит красный, происходит от латинского ruber (красный) через более позднюю форму этого слова rubinus. В средние века, когда о природе драгоценных камней знали немного, это слово широко использовалось для обозначения всех красных камней, но в конце концов стало прилагаться лишь к наиболее твердому из них — красной разновидности корунда

(исключительно редкие красные алмазы тогда не были известны). Любое другое использование этого слова следует решительно осудить; нельзя употреблять даже такой давно бытующий термин, как «рубин-балэ», используемый для обозначения красной шпинели. Равным образом не следует употреблять такие термины, как «капский рубин» (пироп), «бразильский рубин» (топаз), «сибирский рубин» (турмалин) и пр., указывающие на местонахождение минерала.

По химическому составу корунд представляет собой глинозем — окись алюминия Al_2O_3. Кроме того, он обычно содержит небольшую примесь трехвалентного железа, хрома и других металлов. Чистый корунд бесцветен. Чудные цвета, составляющие славу этого минерала, обязаны своим происхождением мельчайшим следам других металлов. Давно предполагалось, что хром является причиной окраски рубина, и это подтвердилось в опытах по синтезу этого драгоценного камня, проводившихся с применением окиси хрома в качестве окрашивающего агента. Следует, однако, отметить, что в искусственных камнях содержание окиси хрома значительно больше, чем в природных. Разнообразие окраски последних можно объяснить присутствием незначительных количеств других окрашивающих агентов, особенно окиси железа. Одним из наиболее высоко ценимых оттенков красного цвета является так называемая «голубиная кровь» — красный цвет со слегка лиловатым оттенком. Глубина окраски красных камней сильно варьирует. Светло-красные камни называются розовыми сапфирами, но между ними и рубинами наблюдается постепенный неощутимый переход, и нельзя резко разграничить эти разновидности. То, что синий цвет сапфира обусловлен присутствием в нем титана, установлено при синтезе сапфиров с применением этого элемента в качестве окрашивающего материала. Окись хрома изоморфна с глиноземом, и поэтому можно ожидать, что хром гармонично входит в кристаллическую структуру глинозема, но ионы хрома превышают по размерам ионы алюминия, которые он замещает, и поэтому они деформируют кристаллическую структуру, сдвигая поглощенный свет в красную область спектра. Трехвалентный титан также может замещать алюминий. Ранее полагали, что титан присутствует в форме $TiFeO_3$ (ильменита), но спектр поглощения синтетического синего корунда не указывает даже на следы железа. Обычная желтая окраска корунда связана с присутствием окиси железа. Часто встречаются и многоцветные камни: синие и красные зоны иногда чередуются и вызывают явную лиловую или фиолетовую окраску. В некоторых камнях могут присутствовать желтые и синие участки. Совершенно бесцветные камни в природе почти не встречаются. Спрос на них у ювелиров невелик, потому что они не дают отблеска и поэтому мало интересны в ограненном виде.

Кристаллы корунда относятся к голоэдрическому классу тригональной сингонии. Встречаются главным образом кристаллы двух видов (рис. 120): для первого из них характерно наличие большой грани (и, возможно, другой, параллельной ей на другом конце кристалла), часто треугольной формы, принадлежащей базопинакоиду $c\{0001\}$, в сочетании с шестью гранями призмы $m\{10\bar{1}0\}$ и шестью гранями (три вверху и три внизу) основного ромбоэдра $r\{10\bar{1}1\}$. Для другого вида кристаллов характерны две-

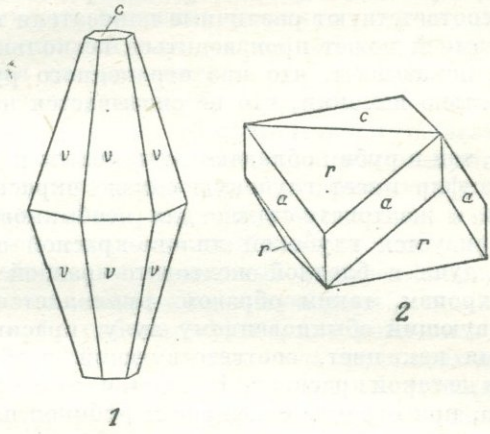


Рис. 120. Кристаллы корунда: *1* — сапфир бипирамидальный, *2* — рубин, уплощенный в направлении, параллельном базопинакоиду.

надцать граней (шесть вверху и шесть внизу) пирамиды $v\{44\bar{8}3\}$, образующие экваториальный поясок; иногда они являются наиболее заметными, в то время как другие грани выражены слабо или отсутствуют. Кристаллы первого типа характерны для рубина, а кристаллы второго типа — для сапфира и других разновидностей корунда. Корунд часто образует крупные непрозрачные зернистые массы.

Поскольку корунд относится к тригональной сингонии, он обладает двупреломлением и является одноосным; оптическая ось располагается параллельно ребрам призматических граней и перпендикулярно базопинакоиду. Благодаря сравнительной чистоте химического состава показатель преломления корунда весьма постоянен; для обыкновенного луча он колеблется от 1,768 до 1,778, а для необыкновенного от 1,760 до 1,770, так что сила двупреломления всегда остается равной 0,008[1]. Поскольку показатель пре-

[1] Следует иметь в виду, что вследствие своей твердости корунд всегда имеет в шлифе большую толщину, чем другие минералы, и поэтому дает яркие интерференционные окраски.— *Прим. ред.*

ломления необыкновенного луча меньше, чем показатель преломления обыкновенного, корунд оптически отрицателен. Дисперсия для интервала $B - G$ равна 0,018. Она несколько больше для обыкновенного луча, но разница выражается только в четвертом десятичном знаке. Из-за небольшой величины дисперсии бесцветные корунды в ограненном виде имеют слабую игру, а ограненные сапфиры или рубины дают широкую цветную кайму при исследовании на рефрактометре в дневном свете. Поскольку рубин и сапфир пропускают главным образом красный свет и синий свет, которым соответствуют различные показатели преломления, огранка этих камней может производиться несколько различным образом. Опыт показывает, что низ ограненного рубина можно делать относительно высоким, что не сказывается на оптическом эффекте.

Как сапфир, так и рубин обладают отчетливым и характерным дихроизмом. Сапфир имеет глубокую синюю окраску для обыкновенного луча и желтовато-синюю для необыкновенного луча. Рубин характеризуется глубокой лилово-красной окраской для обыкновенного луча и бледной желтовато-красной для необыкновенного. Дихроизм, таким образом, проявляется в том, что цвет, соответствующий обыкновенному лучу, красивый и глубокий, в то время как цвет, соответствующий необыкновенному лучу, бледный и не такой красивый. Вследствие этого в тех случаях, когда возможно, при огранке сапфиров и рубинов площадку следует располагать параллельно плоскости базопинакоида, т. е. под прямым углом к кристаллографической оси. Единственным исключением являются редкие весьма темные камни, в которых обыкновенный луч почти полностью поглощается; тогда площадку следует располагать под прямым углом к плоскости базопинакоида, для того чтобы необыкновенный луч мог проходить сквозь камень.

Желтый корунд также обнаруживает отчетливые признаки дихроизма, но различия окраски выражаются главным образом в ее глубине, а не в оттенках; это явление несколько напоминает дихроизм, характерный для желтого хризоберилла.

Нагревание обычно приводит к осветлению корунда. Бледно-фиолетовые и желтые камни в этом случае утрачивают окраску, а густо-фиолетовые камни приобретают очаровательный розовый цвет. В то же время облучение делает окраску более глубокой и окрашиваться могут даже бесцветные камни. На основании этого можно прийти к выводу, что, подобно оконному стеклу, в бесцветных камнях присутствуют два или более окрашивающих агента и их неодинаковая реакция на облучение обусловливает появление окраски.

Блеск корунда стеклянный. Наилучшие камни — совершенно чистые и прозрачные, но часто кристаллы корунда содержат кол-

лоидные и другие включения. Нередко эти включения располагаются параллельно ребрам, образуемым пересечением шести граней призмы и базисом; в этом случае внутри кристалла наблюдаются пучки линий, пересекающихся под углом 60°. Если такой камень огранен в виде кабошона, так что ось симметрии располагается под прямым углом к базису, падающий на него свет отражается в форме шестилучевой звезды. Такие камни называются астериями, или звездчатыми камнями (звездчатый сапфир, звездчатый рубин; цветное фото III). Они очень привлекательны на вид. Некоторые сиамские (таиландские) камни обладают отчетливой волокнистой или шелковистой структурой, связанной с включениями титаномагнетита. Бирманские и сиамские рубины обычно внешне различны. Полагают, что более тусклый цвет сиамских камней связан с присутствием железа. Бирманские рубины содержат тонкие ориентированные иголочки рутила и искривленные полые канальцы, в то время как в сиамских рубинах таких иголочек нет, но, с другой стороны, в них встречаются многочисленные гексагональные полости или тонкие кристаллические пластинки, расположенные в параллельных плоскостях, а также канальцы, содержащие пузырьки и жидкие включения.

Особая красота рубина, эффект, которому он в немалой степени обязан своим ведущим положением среди всех других красных драгоценных камней, связан с характерным флюоресцентным дублетом, расположенным в красной области видимого спектра. Обычно флюоресценция вызывается солнечным светом и ультрафиолетовыми лучами; следует отметить, что она характерна также для синтетических рубинов. Красный цвет связан с более или менее полным поглощением остальной части видимого спектра, а синева сапфира и другие оттенки драгоценных камней являются результатом соответствующего поглощения. Характерные спектры поглощения были рассмотрены выше.

Плотность корунда также весьма постоянна, колеблясь от 3,94 до 4,10 в соответствии с содержанием и природой присутствующих примесей. В драгоценных разновидностях пределы колебания плотности несколько меньше; среднее значение равно 4,00, а отклонения от него составляют 0,01. Поэтому сапфир и рубин наряду с гранатом альмандином и цирконом являются наиболее плотными из драгоценных камней.

Ниже приводятся значения физических констант для различных разновидностей корунда. Пределы значений показателей преломления для необыкновенного и обыкновенного лучей: белый сапфир 1,759—1,761, 1,768—1,769; бирманский рубин 1,760—1,769; 1,768—1,778; сиамский рубин 1,760—1,764; 1,768—1,772; сапфир 1,760—1,762; 1,768—1,770; зеленый сапфир 1,762—1,770; 1,770—1,779. Величина двупреломления обычно равна 0,008, но у зеленого сапфира может достигать 0,009. Соответствующие сред-

ние величины показателей преломления для чистых синтетических камней (бесцветных) равны 1,760 и 1,768, что отвечает значениям, характерным для природного белого сапфира. Найденные значения плотности (в скобках дан вес камня в метрических каратах): бирманский рубин (35,000) 3,996; бирманский густо-красный рубин (13,217) 3,997; сиамский рубин (8,970) 4,006; сапфир (39,03) 3,994; кашмирский сапфир (14,815) 3,994; цейлонский сапфир (53,54) 3,996; бирманский сапфир (15,69) 4,002; австралийский сапфир (11,855) 4,001; австралийский желтый сапфир (28,168) 3,994. Сопоставим величины плотности и показателей преломления для необыкновенного и обыкновенного лучей некоторых камней: белый сапфир 3,993—1,761, 1,769; бирманский рубин 3,996 — ?, 1,772; цейлонский рубин 3,999—?, 1,772; сиамский густо-красный рубин 3,999—1,768, 1,776; цейлонский желтый сапфир 3,994 — 1,761, 1,769; цейлонские зеленые сапфиры 3,999—1,765, 1,773 и 4,009—1,770, 1,779.

Из всех драгоценных камней корунд уступает в твердости лишь алмазу; в шкале твердости Мооса он стоит под номером 9.

Корунд обладает отдельностью, параллельной плоскости базопинакоида и, реже, параллельной граням основного ромбоэдра; оба этих вида в отдельности связаны с двойникованием. Различие между отдельностью и спайностью заключается в том, что в первом случае камень можно расчленить только вдоль некоторых определенных плоскостей, в то время как во втором, как, например, в случае алмаза, камень можно расщепить вдоль любой плоскости, параллельной плоскости спайности.

Как уже указывалось выше, корунд, какого бы цвета он ни был, нельзя подвергать случайной огранке, если стремиться достичь наилучшего результата; пристальное внимание следует уделять симметрии кристалла, для того чтобы лучше всего использовать дихроизм. Аналогично в звездчатых камнях основание кабошона должно быть параллельно базопинакоиду. Цветные прозрачные камни допускают различную огранку. Одно время им неизменно придавали ступенчатую огранку. Но в наши дни им придают бриллиантовую или смешанную огранку, т. е. бриллиантовую огранку верха и ступенчатую огранку низа. Общая форма камня будет, конечно, зависеть от цели, для которой он предназначен, например для кольца, для подвесок или для серег.

Помимо украшений, драгоценный корунд из-за высокой твердости находит применение в качестве подшипников для движущихся частей в часах и других высокоточных приборах; правда, в этой области синтетический корунд вытеснил натуральные камни — не столько из-за его меньшей стоимости, сколько из-за того, что ориентировку кристалла, которая является важным фактором, легче установить в случае булки. Непрозрачный корунд и его загрязненные разности, известные как наждак, обычно при-

меняются для точки и полировки более мягких камней, изделий из стали и других металлов. Тусклый, почти непрозрачный корунд из Индии, будучи измельченным для получения шлифовального материала, известен под названием «алмазный шпат».

Примечательно, что, несмотря на успешный синтез рубина, сапфира и других разновидностей корунда, такие материалы едва ли обладают какой-либо коммерческой ценностью. Естественные камни, напротив, стоят дорого. Крупные рубины, встречающиеся сравнительно редко, являются одними из самых дорогих драгоценных камней. С другой стороны, крупные сапфиры встречаются чаще, и этот факт отражается в значительно более низком верхнем пределе стоимости карата. Желтые и другие разновидности корунда пользуются небольшим спросом, и цены на них соответственно низкие.

Исторические сапфиры и рубины описаны выше. Следует упомянуть о трех других образцах из коллекции Британского музея. Первый из них — прекрасная сапфирная роза из коллекции сэра Ганса Слоуна[1], имеющая восьмиугольные очертания, диаметр 19 мм и вес 31,5 карата. Вместе с золотыми инкрустациями, рубинами и изумрудами она украшала кварцевую пуговицу. Второй образец — искусно вырезанная фигурка Будды, укрепленная на золотой булавке, и третий — крупный, хотя и обломанный, кристалл бирманского рубина размером 12 см в поперечнике и весом 690 г. Прекрасный ограненный камень весом около 102 каратов, имеющий бриллиантовую огранку выше пояска и ступенчатую огранку низа, как говорят, принадлежал прежде герцогу Девонширскому. К старым русским регалиям относится великолепный сапфир — прекрасный овальный камень васильково-синего цвета, диаметром от 3,9 до 3,4 см, высотой 2,2 см и весом 250 каратов. Красный камень величиной с голубиное яйцо, который король Швеции Густав Адольф подарил императрице Екатерине II в 1777 г. во время своего визита в Санкт-Петербург и который, как сообщалось, является рубином, оказался розовым турмалином посредственного качества весом 250 каратов. Эти камни в настоящее время находятся в Алмазном фонде в Москве.

Коллекция в «Jardin des Plantes» в Париже содержит два чудных необработанных сапфира: один из них, имеющий коричневатый оттенок и известный под названием «Росполи», совершенно не содержит изъянов и весит 135 каратов, а другой достигает 5 см в длину и 3,8 см в толщину.

Прекрасные образцы содержатся в коллекции Дж. П. Моргана в Американском музее естественной истории в Нью-Йорке.

---

[1] Hans Sloane, Bart, P. R. S. (1660—1753). Приобретение его коллекции в собственность государства привело к основанию Британского музея в 1753 г.

Среди них могут быть упомянуты крупный сапфир весом 163 карата и желтый камень весом около 100 каратов; оба камня найдены на Цейлоне. В этой же коллекции хранятся фиолетовый камень весом около 34 каратов из Таиланда, золотисто-желтый камень весом 75,4 карата и три великолепных звездчатых камня — крупнейшие из известных. Это «Эдит Хэггин де-Лонг» — звездчатый рубин из Бирмы длиной 3,8 см и 2,5 см в поперечнике, весом 100 каратов; «Звезда Индии» — звездчатый сапфир с Цейлона весом 563 карата; «Полуночная звезда» — звездчатый сапфир с Цейлона глубокого лилового цвета весом 116 каратов.

Крупные рубины редки, а в прежние времена, когда правители Бирмы ревниво припрятывали те из них, которые были найдены, встречались еще реже. Тавернье упоминает, что он видел несколько прекрасных камней среди сокровищ, которые ему показали в Индии. В 1875 г., когда король Бирмы нуждался в деньгах, два прекраснейших рубина, подобных которым не видели до тех пор в Европе, были проданы в Лондоне. Один из этих камней, имевший глубокую окраску, был первоначально огранен в виде подушечки и весил 37 каратов. Другой имел каплеобразную форму и весил 47 старых каратов. Оба камня подверглись в Лондоне огранке, причем вес первого уменьшился до 32 $^{5}/_{16}$ старого карата (33 карата), а второго — до 38 $^{9}/_{16}$ старого карата (39,6 карата); они были проданы за 10 000 и 20 000 фунтов стерлингов соответственно. Говорят, что в Бирме был найден колоссальный рубин весом 400 старых каратов. Он был разбит на три куска, из которых два были ограничены в камни весом 70 и 45 старых каратов, а третий продали неограненным в Калькутте за 700 000 рупий (около 50 000 фунтов стерлингов). Человек, нашедший другой крупный камень, разбил его на две части, которые после огранки весили 98 и 74 старых карата. Он тщетно пытался утаить один из камней от короля, преподнеся ему только больший из них. Прекрасный камень, известный под устрашающим названием «Гнага Бох» («Бог драконов»), в необработанном виде весил 44 старых карата и 20 старых каратов после огранки. После того как рудники перешли во владение компании «Бёрма руби майнз», было найдено несколько крупных камней. Прекрасный рубин был найден в долине Тагунгнандаинг. Он весил 18,5 старого карата в необработанном виде и 11 старых каратов после огранки. Будучи совершенно чистым и великолепным по окраске, он был продан за 7000 фунтов стерлингов. Другой камень, весивший 77 старых каратов в необработанном виде, нашли в 1899 г. и продали в Индии в 1904 г. за 400 000 рупий (около 30 000 фунтов стерлингов). В 1887 г. нашли камень весом 49 старых каратов, а в 1890 г.— огромный камень, весивший 304 старых карата.

Следует упомянуть также о рубине «Мир» весом 42 карата и о другом, более красивом камне весом 27 каратов, которые были

найдены в 1919 г. и проданы после огранки за 20 000 и 27 000 фунтов стерлингов соответственно, а также о другом крупном камне весом 96 каратов, найденном в 1929 г. С 1929 г. добыто очень немного крупных рубинов. В 1933 г. нашли прекрасный рубин весом 20 каратов в необработанном виде и 7,5 карата после огранки, который имеет цвет голубиной крови, пользующийся большим спросом. Здесь обнаружили также совершенно лишенный изъянов камень (что весьма необычно для сапфиров из бирманских рудников) весом 79,5 карата. Наиболее крупный из отмеченных когда-либо сапфиров видели члены Британской миссии у короля Бирмы в 1827 г.; говорят, что этот камень весил 951 карат.

Как и следует ожидать, кристаллы непрозрачного или лишь частично просвечивающего корунда значительно крупнее, чем драгоценные кристаллы. Крупная шестигранная призма высотой 25 см и толщиной 18 см, весом 15 кг, найденная в Северной Каролине, экспонируется на выставке минералов Британского музея естественной истории. В музее Геологической службы в Претории имеется еще более крупный пирамидальный кристалл шириной 68 см и весом 152 кг, найденный в северном Трансваале.

Синтез сапфира и рубина и методы, позволяющие отличить такие материалы в ограненном виде от естественных камней, рассмотрены в предыдущей главе. Рубин можно спутать со шпинелью или гранатом-альмандином. Оба последних минерала не обладают двупреломлением, так что дихроизм рубина позволяет легко отличить его. Корунд хорошо определяется по показателю преломления, высокой плотности и характерным ярким линиям в спектре поглощения. Сапфир легко отличить от других синих камней по его дихроизму, а также по другим диагностическим признакам, таким же, как и у рубина. Камни другой окраски следует определять по показателям преломления и плотности. Пасты, имитирующие драгоценный корунд, выявляются по их мягкости, отсутствию двупреломления, величине показателя преломления и большей дисперсии.

В природе корунд встречается как составная часть различных изверженных пород, в виде жил и обособлений, а также как продукт контактово-метаморфических процессов. Наиболее красивые драгоценные камни находят в виде кристаллов в кристаллических известняках или в виде галек в аллювиальных отложениях, сформировавшихся за счет разрушения таких пород.

Почти вся мировая добыча красивых рубинов осуществляется в знаменитых рубиновых копях близ Могока, расположенного в Верхней Бирме, приблизительно в 145 км к северо-востоку от Мандалая на высоте около 1200 м над уровнем моря. Именно здесь были найдены пользующиеся очень большим спросом карминово-красные камни цвета голубиной крови. Рубины встречаются в линзовидных прослоях известняков в ассоциации со шпинелью

(весьма сходной окраски и облика), турмалином (обычно черным, но иногда и синим), сапфиром (различных оттенков, иногда синим), кварцем, бериллом, гранатом, хризобериллом, топазом, оливином, скаполитом, апатитом и фибролитом (иногда драгоценным). Камни находят временами в известняках на склонах холмов, но в непромышленных количествах. Намного больше драгоценных камней добывается из аллювиальных отложений, как галечников, так и глин, в долинах рек. Рубиноносные отложения местами известны под названием «байон». Камни, как правило, очень мелкие: в среднем около четырех штук на карат.

До 1885 г. разработка копей являлась монополией бирманских владык и велась только по выдаваемым королем лицензиям. Копи известны были уже в глубокой древности, но их ранняя история окутана тайной. Говорят, что некий хитрый король в 1597 г. выменял бесполезную якобы территорию у соседних китайских владык на небольшой и не имевший какого-либо важного значения город на реке Ирравади. Если это было именно так, то этот король совершил отличную сделку. Копи разрабатывались получившими лицензии рудокопами — «пожирателями руды» (twintsas), как их называли на языке этой страны, которые должны были не только платить за полученную привилегию, но и отдавать королю все камни весом свыше некоторой определенной величины. Королевские чиновники постоянно подозревали горняков в том, что они нарушают закон и разбивают наиболее крупные камни. Однако, судя по опыту последующих лет, крупные камни находили, вероятно, действительно редко.

После 1887 г. копи разрабатывались английской компанией «Бёрма рубн майнз». Ее судьба была очень изменчивой. Она столкнулась с ростом издержек производства по мере истощения богатых площадей, с сильной поначалу конкуренцией синтетических рубинов и, наконец, с финансовыми трудностями, которые возникли после первой мировой войны, так что в результате в 1931 г. она прекратила свое существование. Контроль за этой отраслью промышленности взяло на себя правительство Бирмы, и вскоре оно стало выдавать лицензии, предусматривающие использование механизмов и взрывчатых веществ, хотя все еще были широко распространены применявшиеся ранее примитивные методы добычи. Японское вторжение во время второй мировой войны положило конец всем работам вплоть до 1945 г. Условия оставались трудными и после освобождения страны от английского владычества в 1948 г.

Копи, по-видимому, остаются в частном владении, хотя сбыт продукции контролируется правительством.

В то время как бирманские рубины прославились во всем мире как наилучшие среди этих камней, бирманские сапфиры несправедливо отвергаются как камни, якобы имеющие низкое качест-

во. Фактически же нигде в мире не добывают таких превосходных сапфиров, как в Бирме. Однако коммерческая стоимость бирманских сапфиров ниже, и расчетливые дельцы склонны вкладывать свои капиталы в горнодобывающие предприятия соседних стран — Таиланда и Шри Ланки, так как считают, что в этих странах сапфиры отличаются более высоким качеством.

Кристаллы сапфира имеют пирамидальный габитус, характерный для синих корундов. Наиболее красивым является великолепный чистый синий цвет — королевский синий, который иногда сопровождается бархатистым блеском, связанным с наличием включений. Огромный камень, известный под названием «Драгоценность джунглей», был найден в 1929 г. на поверхности земли, непосредственно под травяным покровом; в необработанном виде этот камень весил 958 каратов. Он был слишком велик для огранки в один камень, и купивший его Альберт Рамсей получил из него девять превосходных сапфиров весом 66,5, 20,25, 20, 13,11, 12,25, 11,33, 11,11, 5,50 и 4,33 метрического карата. Найдены также прекрасные камни глубокого васильково-синего цвета, имеющие бархатистый блеск, и много более бледных и менее блестящих камней, которые в других регионах считались бы весьма хорошими. Нередки отличные звездчатые сапфиры; встречаются также пользующиеся меньшим спросом бесцветные, желтые и лиловые разновидности, но зеленые корунды здесь полностью отсутствуют.

Главное месторождение располагается в 13 км к западу от Могока, на высоте около 300 м выше этого населенного пункта. Продуктивный участок с перерывами тянется на 10 км, затем поворачивает к северо-востоку и простирается приблизительно на такое же расстояние, все время воздымаясь. Примерно в 5 км далее к северу, близ Бернардмио, расположен другой участок, где были найдены великолепные камни, имеющие, однако, оттенок цвета индиго; при искусственном освещении они становятся либо очень темными, либо зеленоватыми.

Высококачественные сапфиры встречаются в отложениях долин или склонов, но не в расселинах, прорезающих холмы. Хотя их находят в тех же отложениях, что и рубины в долине Могок, сапфирсодержащие породы представлены изверженными породами, а не известняками.

Хорошие рубины, в основном более темные, чем бирманские, встречаются в большом количестве близ Бангкока в Таиланде, где центром их добычи является Чантабун. Здесь, точно так же, как и в Бирме, рубины сопровождаются красной шпинелью. По разнице в окраске (обусловливающей различие в цене) ювелиры отличают бирманские рубины от таиландских (сиамских). Это, конечно, не означает, что они различаются сколько-нибудь значительно. Однако общепризнано, что Таиланд является первоисточником чудесных сапфиров, хотя многие камни, продан-

ные как таиландские (сиамские), происходят или из Бирмы, или из расположенных восточнее территорий. Район Бо-Пи-Рин близ Баттамбанга, Кампучия, дал значительную часть мировой добычи сапфиров. В «Холмах Драгоценных Камней» (так на местном диалекте называется это месторождение) найден ряд зеленых корундов. Многие «сиамские» сапфиры происходят из копей «Файлин» в Кампучии. Здесь встречаются также рубины и цирконы. В Таиланде добываются, кроме того, коричневые камни с характерной шелковистой структурой.

На Цейлоне условия заметно отличаются от тех, которые существуют в Бирме. Здесь встречается много высококачественных сапфиров, в то время как в Бирме преобладают рубины, а качество сапфиров незаслуженно считается низким. Для Цейлона характерны многие разновидности сапфира. Здесь были найдены синие камни, исключительно ценные как по цвету, так и по размерам, и некоторые из них были столь велики, что подвергать их огранке в виде отдельного камня было невыгодно. Однако обычно сапфиры имеют бледную окраску и часто бывают разноцветными. Весьма вероятно, что многие высококачественные сапфиры, проданные на острове, были добыты за его пределами. Рубины также, как правило, бледные. Иногда они имеют сильно выраженный лиловый оттенок, который можно удалить нагреванием. Обычны бесцветные и желтые камни. Все желтые камни иногда называют топазами; при этом густо-желтые сапфиры получили название «королевские топазы», а более бледные разновидности — «восточные топазы», но употреблять эти названия нежелательно. Иногда находят более редкие зеленые разновидности сапфиров. Встречаются также звездчатые сапфиры.

В галечниках, из которых добывают сапфиры и рубины, содержатся и другие драгоценные камни, за исключением алмазов и изумрудов, и нигде больше не находят такого разнообразия драгоценных камней на столь небольшой площади. Вместе с корундом здесь встречаются хризоберилл, шпинель, циркон, топаз, гранат, турмалин, кварц, ортоклаз (лунный камень), сфен, кордиерит, фибролит, андалузит, диопсид, корнерупин, апатит и сопутствующий им рутил. Драгоценные камни образовались в кристаллических сланцах, гнейсах и кристаллических доломитовых известняках, но в результате процессов выветривания сконцентрировались в продуктивных обломочных отложениях, известных под названием «иллам», которые формировались в руслах современных или древних речных потоков. Месторождения имеют форму пластов или карманов и могут залегать на различных глубинах вплоть до коренного ложа долины (около 36 м), хотя обычно они залегают ненамного ниже поверхности земли. Галечники состоят главным образом из белой кварцевой гальки и содержат железистые стяжения, песок и органогенный материал.

Район добычи драгоценных камней находится в юго-западной части Цейлона. В центре района располагается город Ратнапура (Город Драгоценных Камней). Отсюда район простирается вплоть до южного побережья острова. Разработку месторождений ведут местные жители, применяя простейшие методы. Галечники доставляются к воде в корзинах, затем подвергаются отмывке и драгоценный материал выбирается вручную.

Прекрасные сапфиры находят в различных частях Индии, но особенно славятся месторождения в хребте Заскар в северо-западных Гималаях, в Кашмире. Сапфиры здесь встречаются в пегматитовой жиле вместе с турмалином, гранатом, кианитом и эвклазом.

Хорошие сапфиры, которые славятся тем, что сохраняют свой цвет при искусственном освещении, обнаружены в шт. Монтана, США. Наиболее важным является месторождение Його в округе Джудит-Бэсин, в 135 км к востоку от Хелины. Драгоценные камни приурочены здесь к сильно выветрелой, почти вертикально залегающей дайке мощностью 3—6 м, прорывающей известняки и глинистые сланцы [1]. Очень крупных камней здесь никогда не находили; камни редко имеют вес более 10 каратов. Они характеризуются различными оттенками синего цвета — от светлых до темных, причем некоторые камни высоко ценятся из-за их васильково-синего цвета. Встречаются также красные и фиолетовые камни. Другие месторождения расположены на реке Миссури приблизительно в 19 км к востоку от Хелины. Для этих камней наиболее обычна голубовато-зеленая окраска, как правило бледная, но находили также синие, зеленые, желтые и иногда красные камни. С ними ассоциируются золото, бесцветный топаз, кианит и красивые красные гранаты, которые встречаются в виде зернистых масс и часто ошибочно принимаются за рубин. Среднего качества рубины найдены в русловых песках ручья Кауи-Крик, приблизительно в 10 км к северу от Франклина, шт. Северная Каролина.

Богатый драгоценными камнями район площадью около 52 км^2 близ Анаки в Квинсленде, Австралия, служит источником почти всех разновидностей корунда; здесь в изобилии встречены синие, зеленые, желтые, лиловые, разноцветные, а также звездчатые камни. Встречаются также, хотя и редко, рубины. Сообщалось о находках рубинов и в Западной Австралии. Сапфиры широко распространены в Новом Южном Уэльсе, но только камни из района Инверелла пригодны для изготовления ювелирных изделий. Южнее, в Виктории, найдены травяно-зеленые корунды. В целом

[1] Книзу степень выветрелости породы снижается; внизу залегают плотные невыветрелые породы, из которых добывать драгоценные камни уже не удается.— *Прим. ред.*

австралийские синие сапфиры слишком темные и поэтому ценятся невысоко.

Можно упомянуть еще о нескольких небольших месторождениях драгоценного корунда. В Замбии небольшие рубины и сапфиры встречаются вместе с хризобериллами и топазами в продуктивных галечниках близ Сомабулы.

В Танзании месторождение крупных кристаллов непрозрачного рубина в зеленых цоизитовых породах известно с 1952 г. Корунд найден в верховьях реки Умба, в 80 км от Танзы. Камни имеют различную окраску, но хорошие рубины и сапфиры редки. Разноцветные кристаллы обнаруживают зональность с зонами различного цвета, которые параллельны граням призмы. Сообщают о находках драгоценного корунда в Малави, в холмах Чимвадзулу, в 80 км к югу от озера Ньяса. Кристаллы корунда заключены в грубозернистом амфиболите. Цвет камней меняется в широких пределах; некоторые сапфиры имеют густой синий цвет, а рубины довольно мелкие и обычно имеют бледную окраску. В Афганистане рубины найдены вместе со шпинелью и гранатом в районе, расположенном к северу от копей, где добывают ляпис-лазурь, а также близ Джагдалака, к востоку от Кабула. Сообщалось о находках низкокачественных сапфиров и рубинов в провинции Юннань в Китае, в Маньчжурии, Конго, Анголе, на Мадагаскаре, в Норвегии и в Колумбии. Кристаллы темно-синего сапфира с необычными дискообразными жидкими включениями описаны из месторождения Мату-Гросу в Бразилии. Одно время драгоценные сапфиры находили в Чехословакии[1].

---

[1] Условия образования корунда в природе крайне своеобразны. Наибольшие количества корунда образуются при метаморфизме различных высокоглиноземистых осадков, в первую очередь бокситов. Поскольку большинство бокситов содержит окислы железа, то в этом процессе образуется корунд, загрязненный магнетитом,— наждак. Крупных кристаллов корунда, пригодных для использования в качестве ювелирного материала, при метаморфизме бокситов не возникает.

Второй путь образования корунда — это так называемые процессы десилицификации. При внедрении богатых глиноземом магматических пород (гранитов и сиенитов) в породы, крайне бедные кремнекислотой (известняки и доломиты или различные ультрабазиты — дуниты или серпентиниты), происходит реакция между магматическим материалом и вмещающей породой, в результате которой кремнекислота и щелочи уходят из магматического материала и вступают в реакцию с вмещающими породами. За счет вещества вмещающих пород и привнесенной кремнекислоты кристаллизуются слюда, хлорит, амфиболы и иногда тальк. Сам же магматический материал, теряя щелочи и кремнекислоту, относительно обогащается глиноземом, который может оказаться в избытке, и тогда кристаллизуется корунд.

Механизм такой десилицификации пока неясен, и на этот счет существуют две наиболее разработанные теории. Согласно первой из них, сторонником которой был А. Е. Ферсман, эта реакция происходит еще тогда, когда магматическое тело находится в жидком состоянии и активно растворяет вмещающие породы. Из этого измененного растворением расплава и кри-

сталлизуются новые минералы; в соответствии с этим взглядом, корунд кристаллизуется из остаточного расплава. Второе предположение особенно основательно разрабатывают ученики Д. С. Коржинского, которые предполагают, что магматический расплав застывает сразу после внедрения, а реакционный процесс идет позднее под действием циркулирующих по контакту горячих водных растворов. Независимо от того, какое из предположений о механизме десилицификации справедливо, с этим процессом, безусловно, связаны очень многие месторождения драгоценного корунда. Видно, таковы месторождения рубина и сапфира в Бирме и на Цейлоне, откуда эти камни попали в россыпи, а также месторождения Кашмира, Замбии и Танзании. Несомненно, такой генезис имеют сапфиры Монтаны и корунды Урала.

Совершенно иной характер имеют месторождения рубина Таиланда, Кампучии, Лаоса и Вьетнама, а также сапфира в Австралии. В этих странах в районе месторождений драгоценных камней существуют огромные поля базальтовых лав, образовавшиеся в результате массовых вулканических излияний. Корунд образует вкрапленники в этих базальтах. Как рубин в Юго-Восточной Азии, так и сапфир в Австралии добывают из россыпей, образовавшихся при перемыве базальтовых полей. Весьма интересно, что в Таиланде и Кампучии, а также в Австралии имеются участки базальтовых полей, где базальт в результате выветривания превратился в глинистую массу, сохранив полностью свою структуру. Как оказалось, эти участки выгодно перемывать для извлечения устойчивых к выветриванию кристаллов корунда. Условия образования корунда в базальте неясны. В свете последних экспериментальных данных наиболее обоснованным будет предположение, что корундсодержащие базальты изливались на поверхность, поднявшись сюда с очень больших глубин, порядка 100 км. На таких глубинах господствует давление около 30 тыс. атм, при котором плагиоклаз — важнейший минерал базальта — не может кристаллизоваться. Вместо него кристаллизуется корунд. Видимо, это имело место и в рассматриваемом случае. При снижении давления этот корунд должен был бы раствориться и вместо него при низких давлениях кристаллизовался бы плагиоклаз, но этого не произошло, поскольку базальтовый расплав при его излиянии поднялся к поверхности настолько быстро, что образовавшиеся на глубинах кристаллы корунда просто не успели раствориться.

Поскольку кристаллизация корунда в глубинах Земли шла очень медленно и при постоянных условиях, то смогли образоваться весьма совершенные кристаллы высокого качества.— *Прим. ред.*

23
Берилл

В число драгоценных камней, описываемых в этой главе, входит изумруд, аквамарин и обычный берилл. Они имеют неоспоримое право на внимание всех любителей драгоценных камней. Несравненный изумруд давно стоит в ряду наиболее дорогих драгоценных камней. Даже Плиний помещал изумруд на третье место, хотя ему были известны только сравнительно плохие камни из Египта и, возможно, с Урала. Он говорит: «На третьем месте, по многим причинам, стоит изумруд. Действительно, нет другого камня, цвет которого был бы более приятен для глаза»[1]. Брат изумруда, восхитительный аквамарин, который, кажется, попал к нам прямо из скрытой в глубинах теплого моря сокровищницы русалок, обладает чарами, которые нельзя отрицать. Изумруды являются излюбленными камнями в кольцах и, без сомнения, пользовались бы такой же популярностью в виде более крупных ювелирных изделий, если бы не были столь дороги. Нет ничего лучше в качестве центрального камня подвески, чем изысканный аквамарин глубокого голубовато-зеленого цвета.

В минералогии название «берилл» прилагается ко всем разновидностям этого минерала, название «изумруд» — к зеленой разности, а «аквамарин» — к разности цвета морской волны. Но в ювелирном деле термин «берилл» имеет более узкий смысл и используется для обозначения светлоокрашенных камней, а также камней, имеющих не зеленую, а другую окраску, так что вошло в обычай говорить о «желтом берилле» или «розовом берилле». В последнее время проводится дальнейшее разграничение понятий, причем для розовых камней используется название «морганит», а для золотисто-желтых — «гелиодор».

Название минерала пришло к нам через латинское beryllus от греческого βήρνλλος — древнего слова, значение которого теряется в веках. Возможно, оно с самого начала относилось, по крайней мере частично, к тем же разновидностям этого минерала, которые и сейчас обозначаются этим названием. Слово «изумруд» (английское emerald) происходит от персидского слова, которое в греческом языке преобразилось в σμάραγδος и через такие измененные формы латинского smaragdus, как esmeraude, emeraude и

[1] Согласно Плинию, алмаз был первым, а жемчуг — вторым.

esmeralde, дошло до наших времен. Современная форма слова emerald (изумруд) появилась в английском языке лишь в XVI в. Ранее оно, по-видимому, всегда использовалось для обозначения минералов, имеющих зеленый цвет, однако первоначально им называли не прозрачные минералы, а, возможно, непрозрачные, но ярко окрашенные, такие, как хризоколла, и это название не прилагалось к зеленым бериллам до тех пор, пока такие камни не были найдены в Верхнем Египте. Название «аквамарин» вошло в употребление благодаря удачному описанию этой разновидности берилла, сделанному Плинием, хотя сам Плиний и не употреблял его: «Больше всего ценятся те бериллы, которые своим цветом напоминают чистую зелень морских вод». Тот факт, что изумруд и берилл принадлежат к одному минеральному виду, с определенностью установили лишь в начале XIX в.; однако об этом подозревали еще во времена Плиния, который писал: «Берилл, как полагают, имеет ту же природу, что и изумруд, или по крайней мере весьма с ним сходен». Разновидность морганит получила название в честь банкира Моргана, чья коллекция драгоценных камней находится ныне в Американском музее естественной истории в Нью-Йорке. Лакруа назвал воробьевитом розовые, а также бесцветные бериллы с Мадагаскара, однако это название В. И. Вернадский ранее дал бесцветным бериллам с Урала в память о В. И. Воробьеве. Бесцветный берилл из Гошена в шт. Массачусетс, США, был назван гошенитом, но это название выходит из употребления. Название «гелиодор» прилагается к желтым бериллам, обнаруженным на юго-западе Африки в 1910 г.; оно происходит от греческих слов ἥλιος (солнце) и δῶρον (дар).

Берилл, если иметь в виду название, под которым этот минерал известен науке, является алюмосиликатом бериллия и имеет формулу $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$. Анализы часто показывают присутствие в нем небольших количеств щелочных металлов, а также гелия. Полагают, что атомы этих элементов не входят в кристаллическую решетку содержащего их берилла, а удерживаются в каналах структуры, расположенных параллельно оси симметрии шестого порядка. Алюминий может замещаться небольшими количествами хрома и окисного железа. В изумрудах было обнаружено от 1 до 2% воды. Бериллий, как указывает его название, впервые был открыт в образце минерала берилла в 1798 г. химиком Вокленом. Одно время он был известен под названием «глициний» (от греческого γλύκυς — сладкий) из-за сладкого вкуса его солей. Чистый берилл бесцветен, но благодаря почти неизменному присутствию примесей он приобретает различную окраску. Наиболее часты следующие цвета: зеленый (он столь своеобразен у этой разновидности, что соответствующий оттенок получил название изумрудно-зеленого), от зеленоватого (цвета морской волны) до голубого у аквамарина, розовый у морганита и желтый. Цвет

изумруда обычно обусловлен незначительной примесью хрома. Много лет назад Гольдшмидт обнаружил, что в зеленых норвежских бериллах содержится больше ванадия, чем хрома, и на основании этого факта пришел к выводу, что трехвалентный ванадий может играть в берилле ту же роль, что и хром. С тех пор ванадий был обнаружен в изумрудах из многих месторождений, а в зеленом берилле из Салининхи в бразильском штате Баия ванадий сопровождается заметным количеством железа и лишь следами хрома. Окрашенные одним лишь ванадием зеленые бериллы получены искусственным путем. Предлагалось название «изумруд» использовать лишь для обозначения зеленых бериллов, окрашенных примесью хрома. Такое ограничение понятия «изумруд» было бы полезным для специалистов, причем наличие или отсутствие хрома быстро определялось бы с помощью спектроскопа, но весьма вероятно, что для непрофессионалов изумруд всегда останется «сверкающей зеленой разновидностью берилла»[1].

В аквамаринах оттенки цвета, меняющиеся от голубоватого до желтовато-зеленого, обусловлены, по-видимому, главным образом примесью железа. Розоватый оттенок морганита может быть связан с присутствием лития, а с примесью окисного железа обычно связана окраска желтых бериллов. Гелиодор содержит незначительную примесь урана и поэтому радиоактивен. Ограненные изумруды, аквамарины, гелиодоры, морганиты и другие разновидности берилла показаны на цветном фото IV.

Берилл кристаллизуется в гексагональной сингонии, и его кристаллы обладают всеми видами симметрии, возможными в этой сингонии. Нормальный кристалл представляет собой шестигранную призму, которая у изумруда (рис. 121) неизменно усечена (в целых кристаллах) гранью базопинакоида, располагающейся перпендикулярно ребрам призмы. Кристаллы аквамарина, кроме того, имеют ряд небольших наклонных граней (рис. 121), а камни из СССР и Бразилии характеризуются конической формой, обусловленной растворением.

По своей симметрии берилл оптически одноосен, а поскольку показатель преломления необыкновенного луча у него меньше, чем показатель преломления луча обыкновенного, он оптически отрицателен. Значения показателей преломления необыкновенного и обыкновенного лучей изменяются в широких пределах — от 1,566 до 1,590 и от 1,571 до 1,599 соответственно, а двупреломление увеличивается с увеличением показателя преломления от 0,005 до 0,011. Дихроизм весьма слабый. Исключение представляют изумруды из Колумбии, в которых он отчетлив, причем цвет

[1] *B. W. Anderson*, Chromium as a criterion for emerald, The Journal of Gemmology, 1966, vol. 10, p. 41—45. *A. M. Taylor*, Synthetic vanadium emerald, The Journal of Gemmology, 1967, vol. 11, p. 211—217.

камня меняется от желтовато-зеленого до голубовато-зеленого. Дисперсия в интервале B — G низкая — 0,014.

Плотность берилла варьирует от 2,67 до 2,90. Таким образом, берилл гораздо плотнее, чем кварц, и если берилл и кварц поместить в трубку с соответственно подобранной тяжелой жидкостью, первый всегда будет скапливаться ниже второго (рис. 74). Плотность колумбийских и сибирских изумрудов колеблется от 2,68 до 2,74, но в среднем равна 2,712. Бразильские бледные изумруды менее плотные, плотность их колеблется от 2,67 до 2,70, а южноафриканские изумруды более плотные, плотность их изменяется от 2,72 до 2,77, но в большинстве случаев значение плотности

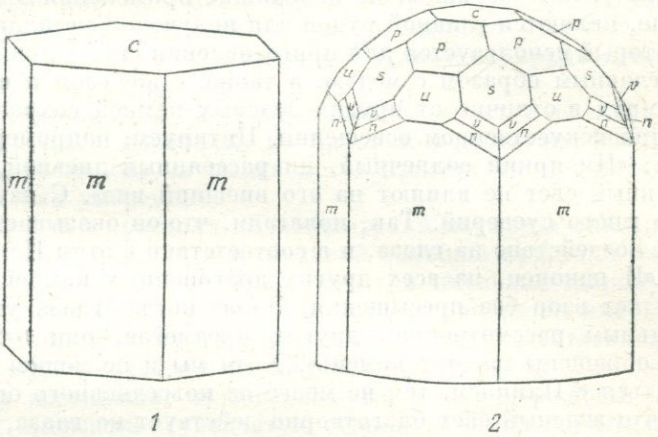


Рис. 121. Кристаллы берилла: *1* — изумруд, *2* — аквамарин.

близко к 2,75. Плотность аквамаринов и желтых бериллов колеблется от 2,68 до 2,75. Бразильский зеленый берилл имеет плотность около 2,80, а морганит имеет самую большую плотность по сравнению с другими разновидностями берилла: от 2,72 до 2,90, в большинстве случаев около 2,82. Эти высокие значения плотности могут быть обусловлены присутствием щелочных металлов — цезия и рубидия. У синтетических изумрудов, которые были получены раньше, плотность и оптические константы были заметно ниже, чем у природных камней, но в искусственных изумрудах, полученных позднее, такое различие отсутствует. Тщательное изучение включений остается одним из лучших методов, позволяющим отличать природные и искусственные камни.

Твердость берилла варьирует от 7,5 до 8, причем изумруд несколько мягче, чем другие разновидности. Отмечается слабая спайность, параллельная базису. Подобно большинству драгоценных камней, берилл весьма хрупок и легко раскалывается и

покрывается трещинами. Замутненные, непрозрачные из-за трещинок камни называют моховыми. В пламени паяльной трубки берилл плавится с трудом. Он устойчив к воздействию фтористоводородной кислоты, а также других кислот.

Изумруды обычно подвергают ступенчатой огранке, за исключением камней, предназначенных для колец; в этом случае огранка их часто бывает бриллиантовой. Индийские мастера предпочитают форму кабошона. Огранка аквамаринов часто бывает смешанной. Вообще говоря, жестких правил на этот счет не существует и форма огранки зависит от цели, для которой предназначен камень.

Непрозрачные бериллы, не находящие применения в ювелирном деле, являются главной рудой для получения металла берилия, который используется для приготовления специальных сплавов — главным образом с медью, а также с железом и никелем.

Изумруд в отличие от других зеленых камней сохраняет окраску при искусственном освещении. Цитируем, например, слова Плиния: «Ни яркий солнечный, ни рассеянный дневной, ни искусственный свет не влияют на его внешний вид». С изумрудом связано много суеверий. Так, полагали, что он оказывает благотворное воздействие на глаза, и в соответствии с этим Плиний говорит: «И наконец, из всех других драгоценных камней только этот питает взор без пресыщения. Даже когда глаза утомлены пристальным рассмотрением других предметов, они отдыхают, будучи обращены на этот камень». Хотя мы и не можем во всем согласиться с Плинием, тем не менее из повседневного опыта мы знаем, что зеленый свет благотворно действует на глаза. На Востоке существовало поверье, что изумруд ослепляет змей. Оно запечатлено в следующих стихотворных строках:

«Ослепленные, как змеи, пристально глядящие
На чистый цвет изумруда»[1].

Император Нерон наблюдал за боем гладиаторов через кристалл изумруда; однако осталось неясным, представлял ли собой этот кристалл линзу.

Аквамарины, особенно глубокого голубовато-зеленого цвета, весьма красивы и являются излюбленными камнями в подвесках и серьгах, а также, безусловно, во всех тех случаях, когда требуются сравнительно крупные голубовато- или же желтовато-зеленые камни. Хорошие голубые аквамарины практически все получены в результате термической обработки обычных камней.

---

[1] *Thomas Moore* (1779—1852), Lalla Rookh, The Fire Worshippers («Огнепоклонники»).

Все разновидности берилла, подобно изумруду, сохраняют цвет при искусственном освещении.

Как было показано в предыдущей главе, изумруд наряду с алмазом и рубином является одним из наиболее дорогих драгоценных камней. Так как материал чистого изумрудно-зеленого цвета обычно имеет много изъянов, то ограненные камни хорошей окраски и без дефектов весом более 5—6 каратов ценятся особенно высоко и недоступны для большинства, за исключением тех немногих привилегированных особ, которые располагают достаточными средствами. Немедленным и явно ненормальным результатом повышения цен на первоклассные изумруды в начале столетия было то, что эти редкие камни стали появляться на рынке чаще, потому что высокие цены соблазнили владельцев старинных драгоценностей продать свои изумруды. Бледные изумруды ценятся невысоко.

Аквамарины и другие разновидности берилла не столь редки, как изумруды, и поскольку их кристаллы достигают значительно больших размеров, на рынке легче приобрести крупные камни. Цены на них умеренные.

Знаменитый кристалл «Девонширский изумруд» описан ранее. Более правильный, хотя и не такой большой кристалл изумруда лучшей окраски, весящий 161 карат и имеющий ширину 28 мм и приблизительно такую же длину, был приобретен вместе с коллекцией Аллана — Грега Британским музеем естественной истории и демонстрируется в его коллекции минералов. Там же экспонируется небольшой, но совершенный и не содержащий изъянов изумруд, имеющий ступенчатую огранку и оправленный золотом. Среди других ограненных камней этой коллекции имеется два, являющих собой пример того, сколь значительных размеров могут достигать кристаллы других разновидностей берилла (не изумруда), оставаясь прозрачными и чистыми. Один из них — крупный аквамарин из СССР; ступенчато ограненный и овальный по очертаниям, он обладает красивой окраской цвета морской волны, не содержит изъянов и весит 879,5 метрического карата. Другой — розовый берилл с Мадагаскара. Он ступенчато огранен, имеет квадратные очертания с округленными углами, обладает прелестной розовой окраской, не содержит изъянов и весит 598,7 метрического карата. К числу русских регалий относится превосходный ступенчато ограненный изумруд весом 135,25 метрического карата, имеющий размеры по пояску 36×32,5 мм при высоте 60 мм. Этот камень, обладающий глубоким зеленым цветом с легким голубоватым оттенком, вставлен в красивую оправу. Ныне он находится в Алмазном фонде в Москве, где вместе с ним хранятся и другие изумруды: крупный, с дефектами камень из России весом около 245 каратов, три ограненных в виде кабошонов колумбийских камня весом приблизительно 154, 65 и 24

карата; три превосходных, ограненных в виде пластинок камня весом 42, 41,5 и 40 каратов, причем на последнем из них вырезана персидская надпись. Наиболее крупный кристалл изумруда найден на руднике «Чивор» в 1920 г.; он носит название «Патриция», весит 632 карата и демонстрируется в Американском музее естественной истории в Нью-Йорке.

История попыток синтеза изумрудов рассказана на стр. 202—208. Стекло, полученное плавлением измельченных в порошок естественных камней, легко распознается по его более низкому показателю преломления и изотропности.

Цвет изумрудов столь характерен и своеобразен, что опытный глаз без труда отличает его по цвету от других зеленых камней или от паст. Для этой цели может быть полезно испытание с фильтром Челси, поскольку большинство камней кажутся при рассмотрении сквозь этот фильтр красными или розоватыми, в то время как имитации остаются зеленоватыми. Другие разновидности берилла не обладают столь четкими отличиями. Так, голубые аквамарины можно спутать с голубыми топазами, а розовые бериллы (морганиты) с розовыми топазами, получаемыми путем нагревания. Желтые бериллы напоминают желтые разновидности других минералов, таких, как кварц, топаз и турмалин. От этих драгоценных камней берилл легко отличить или по показателю преломления, или по плотности.

Берилл встречается в пегматитах как акцессорный минерал. Его находят также в различных метаморфических горных породах. В Южной Америке изумруд встречается в жилах кальцита, секущих глинистые сланцы мелового возраста.

Все изумруды, известные в античные времена, по всей вероятности, происходили из так называемых копей Клеопатры в Верхнем Египте. По ряду причин эти копи были заброшены, и их местонахождение было полностью забыто, так что многие авторы утверждали, что изумруды в Египте никогда не находили и что эти камни были привезены из Америки. В 1818 г. всем сомнениям был положен конец в связи с открытием копей заново Ф. Кельо, которого вице-король Египта послал на их поиски. Однако их разработка была очень кратковременной, и через несколько лет после открытия рудника он был снова заброшен. В конце столетия добыча камней началась вновь, но длилась недолго, и рудник был вновь закрыт, так как добывавшиеся здесь камни не могли сравниться по качеству с южноамериканскими. Главные копи находятся в Джебель-Зубара и в Джебель-Сикайт в северной части области Этбаи; они удалены друг от друга приблизительно на 16 км и отстоят на 24 км от берега Красного моря. Копи лежат в пределах горного хребта, который тянется на значительное расстояние параллельно западному берегу Красного моря и возвышается на 550 м над уровнем моря. Здесь имеются многочисленные

следы значительных по масштабам, но примитивных по технике разработок, которые велись в отдаленном прошлом. Как изумруды, так и бериллы приурочены к слюдяным и тальковым сланцам. Изумруды не очень хорошего качества; они непрозрачны из-за многочисленных трещинок и имеют довольно светлую окраску. Изумруды значительно лучшего качества, чем камни из Египта, были найдены в темных слюдяных сланцах вместе с другими минералами бериллия — хризобериллом и фенакитом, а также с топазом и турмалином на восточном склоне Уральских гор близ реки Токовая, приблизительно в 80 км к востоку от Свердловска — города, история которого тесно связана с добычей и огранкой драгоценных камней. Месторождение случайно нашел крестьянин в 1830 г., заметив несколько зеленых камней среди корней поваленного дерева. Два года спустя начались систематические разработки и копи действовали на протяжении двадцати лет, после чего были закрыты. Благодаря повышению цен на изумруды копи вновь начали действовать в начале текущего столетия и с тех пор разрабатывались с перерывами до настоящего времени. Здесь добыли очень крупные кристаллы, но окраска их значительно хуже, чем южноамериканских камней. С другой стороны, небольшие сибирские изумруды имеют лучшую окраску, чем небольшие южноамериканские камни; последние обладают не столь густой окраской.

Ни один из изумрудов из Египта или из СССР не может сравниться по совершенству окраски с прекрасными камнями, происходящими из Южной Америки. Во времена жестокого завоевания Перу испанцами, беспощадно грабившими страну и вывозившими все сокровища, которые можно было вывезти, огромное число изумрудов — некоторые из них достигали почти неправдоподобных размеров — наводнило Испанию и в конце концов часть из них попала в другие страны Европы. Эти камни известны как «испанские» или «перуанские» изумруды, но, по всей видимости, они добывались не в Перу. Наиболее выдающимися были, очевидно, пять отборных камней, которые Фернандо Кортес подарил своей невесте, племяннице герцога Бехарского, и тем самым смертельно обидел королеву Испании Изабеллу, мечтавшую заполучить их. Эти камни были утеряны в 1541 году. (Именно в этом году Кортес потерпел кораблекрушение, спеша на помощь императору Германии Карлу V и королю Испании, которые вели осаду Алжира — цитадели средиземноморских пиратов.) Все пять камней имели различную и причудливую форму. Один из них представлял собой колокол с прекрасной жемчужиной, служившей языком, и надписью на испанском языке, выгравированной по краю: «Благословен создавший тебя». Второй имел форму розы, а третий — рога. Четвертому была придана форма рыбы с глазами из золота. Пятый — наиболее ценный и наиболее заме-

чательный — имел форму кубка с ножкой из золота; край чаши также сделан из золота, и на нем были выгравированы слова: «Inter natos mulierum non surrexit major». Когда испанцы захватили почти все изумруды, которые коренные жители страны собрали в своих храмах или использовали как украшения, они стали искать источник этих чудес природы и в конце концов в 1558 г. случайно натолкнулись на копи в той части страны, которая сейчас является Соединенными Штатами Колумбии; эти копи с того времени почти непрерывно разрабатываются. Однако весьма вероятно, что были обнаружены не все копи, разрабатывавшиеся местными жителями. Как только коренные жители ощутили несправедливое отношение к себе испанцев и осознали их алчность, они отказались выдавать места добычи изумрудов, и буйная растительность быстро скрыла все следы старых выработок.

Современные копи расположены близ деревни Мусо, приблизительно в 120 км к северо-северо-западу от Боготы, столицы Колумбии. Изумруды в ассоциации с кварцем, доломитом и пиритом встречаются в кальцитовых жилах, секущих битуминозные известняки мелового возраста. Ранее испанцы вели разработку штольнями, которые проходились в склонах холмов через пустые породы до контакта с жилами, содержащими драгоценные камни. В настоящее время применяются открытые разработки. Для ведения работ требуется большое количество воды, которую накапливают в специальных резервуарах и в должное время выпускают, позволяя ей смывать обломки пустой породы, оставляя обнаженными горные породы, содержащие изумруды. Камни хорошего качества, пригодные для огранки, известны под местным названием canutillos, а низкокачественные камни называются morallons. Кристаллы изумрудов нарастают на известняк и поэтому никогда не имеют двух базальных граней. Габитус кристаллов прост — шестигранная призма и базис, расположенный под прямым углом к граням призмы. Они неизменно имеют изъяны, так что изумруд без изъянов вошел в пословицу как недостижимое совершенство. В связи с экономическими и другими трудностями копи в Мусо разрабатывались с перерывами. Изумруды добывались также в Коскеце, в 15 км к северо-востоку от копей Мусо, и в Чиворе[1] близ Сомондоко, в 100 км к востоку-северо-востоку от Боготы. Недавно в Колумбии были добыты изумруды с необычным расположением включений. Короткие призматические кристаллы содержат шесть темных «спиц», радиально расходящихся от темного центрального ядра к граням призмы. Общий облик таких кристаллов напоминает колесо со спицами или часовую шесте-

[1] *P. W. Johnson*, The Chivor emerald mine, The Journal of Gemmology, 1961, vol. 8, p. 126—152.

ренку, и их название Trapiche emerald заимствовано из испанского языка[1].

Довольно бледные изумруды найдены в Бразилии. Их открыли в 1913 г. в Бом-Иесус-дос-Мейрас, шт. Баия, в ассоциации с кварцем и кальцитом в пустотах в измененных мраморах. Кристаллы представляют собой гексагональные призмы и обычно имеют изъяны. Методы разработки были примитивными, а объем добычи невелик. Месторождение Карнаиба, открытое в 1964 г., является в настоящее время крупнейшим поставщиком изумрудов, но здесь найдено мало крупных камней.

В Северной Америке изумруды найдены в заметных количествах лишь в трех месторождениях в Северной Каролине. Близ Хайдденайта, в округе Александер, они встречаются в пегматитах вместе со сподуменом.

Единственным примечательным месторождением изумрудов в Европе являлся Хабахталь в Зальцбургских Альпах, где простые призматические кристаллы берилла встречаются в биотитовых сланцах и где со времен Средневековья периодически велась добыча хорошо окрашенных изумрудов. Довольно замутненные изумруды найдены в Эйдсволле, в южной Норвегии[2].

---

[1] Копи Колумбии очень хорошо описаны проф. А. А. Беусом, посетившим их в начале семидесятых годов, в книге «Далекие хребты Кордильер», «Мысль», 1976.— *Прим. ред.*

[2] Месторождение изумрудов в Колумбии, описанное в тексте, совершенно уникально. В других районах мира подобных месторождений не встречено. Пока колумбийские месторождения очень плохо изучены, неизвестен источник исходных веществ и условия роста кристаллов.

Сложность образования изумрудов и в значительной мере их редкость обусловлены тем, что этот минерал представляет собой берилл, окрашенный хромом. Геохимически это совершенно необычное сочетание; бериллий и его минералы обычно теснейшим образом ассоциируются с кислыми магмами и горными породами, связанными с этими магмами,— гранитами, гранодиоритами и их жильными производными, но хрома и хромовых соединений в гранитоидах, как правило, совершенно нет. Хром — весьма характерный элемент, приуроченный к ультраосновным породам — дунитам и перидотитам.

Изумруд вследствие отмеченных геохимических особенностей образуется тогда, когда жильные производные кислой магмы, обогащенные бериллием, внедряются в ультрабазиты. При этом происходят контактовые взаимодействия вмещающей породы и внедрившейся магматической жилы. Вокруг жилы формируется оторочка «слюдита» — чисто слюдяной породы, в составе которой участвует вещество как той, так и другой контактирующей породы. Кристаллизующийся в этой зоне берилл поглощает хром и окрашивается в яркий изумрудно-зеленый цвет. Весьма характерно, что тот же берилл, кристаллизующийся здесь же, но не в слюдитах, а в пределах гранитоидного жильного материала, не содержит хрома и не имеет изумрудной окраски.

Именно к таким месторождениям, связанным с внедрением гранитных жил в ультрабазиты, и принадлежат все месторождения, кроме колумбийских.

Несколько разновидностей берилла, включая ценные изумруды, добыты в округе Лейдсдорп в Трансваале. Сопутствующими минералами являются турмалин, кварц, апатит, полевой шпат и молибденит. Кристаллы изумруда, имеющие обычный призматический габитус, несмотря на изъяны, были достаточно крупными и дали отличные камни весом до 5 каратов. В 1957 г. два южноафриканских старателя в кристаллических сланцах, прорванных пегматитовыми жилами, близ Сандаваны, в 48 км к югу от Белингве, в Зимбабве обнаружили изумруд необычайно густого цвета. В этом регионе отмечены также находки изумрудов в Филабуси, Новелло и Чикванде. Ограненные камни яркого изумрудно-зеленого цвета обычно имеют небольшой размер. Показатели преломления, двупреломление и плотность велики. Наиболее характерными включениями являются тонкие иголочки тремолита.

В Индии кристаллы берилла глубокого зеленого цвета найдены в прослоях биотитовых сланцев, залегающих в толще роговообманковых сланцев в Калигумане близ Удайпура, в Раджастхане. Отмечены находки и севернее, близ Аджмера. В Западном Пакистане изумруды встречены близ Мингаоры; они примечательны своими высокими показателями преломления.

Другие разности берилла (не изумруды) встречаются чаще, образуют крупные кристаллы, более однородны и прозрачны. Великолепные шестигранные кристаллы, обнаруженные в различных районах Сибири, принадлежат к наиболее поразительным образцам любой обширной коллекции минералов. Урал изобилует месторождениями аквамарина. Особенно красивые камни найдены близ селения Мурзинка; они ассоциируются с топазом, аметистом и шерлом (черным турмалином). Хорошие камни встречаются также вместе с топазом в Ильменском заповеднике близ Миасса. Они обнаружены на золотых приисках на реке Санарке на Южном Урале, но камни оказались непригодными для ювелирных целей. Изумительные голубые, зеленые и желтые бериллы в ассоциации с топазом и дымчатым кварцем встречены в пегматитах хребта Адун-Челон в Забайкалье. Бериллы найдены также в бассейне реки Урульги в Сибири[1].

---

[1] Впервые контактовая природа изумрудных месторождений была установлена в начале 20-х гг. академиком А. Е. Ферсманом при изучении им Изумрудных копей Урала. Работа Ферсмана была той основой, на которой проводились исследования в других районах мира. В условиях, геологически подобных уральским, были найдены сначала месторождения в Южной Африке, потом в Бразилии и Индии. Изучение старинных египетских месторождений показало, что они принадлежат к тому же уральскому типу, однако масштабы процесса здесь были гораздо меньшие. Очень похоже на уральские и давно известное месторождение Хабахталь в Тироле.— *Прим. ред.*

Много крупных аквамаринов, которые поступили на рынок несколько лет назад, происходят из Бразилии. Они найдены в шт. Минас-Жерайс, где добываются чистые, прозрачные камни различных оттенков голубого, зеленого и желтого цвета; здесь встречаются также золотисто-желтые камни, получившие название «гелиодоры». Главные месторождения расположены на реке Жекитиньонья близ Минас-Новаса и восточнее, близ Теофилу-Отони; особенно славится месторождение близ Марамбаия на реке Мукури, где добыты голубые камни исключительно высокого качества. Именно на этом последнем месторождении 28 марта 1910 г. найден вероятно самый крупный и красивый из известных кристаллов аквамарина, который был извлечен с глубины 5 м из пегматитовой жилы. Этот зеленовато-голубой кристалл представляет собой несколько неправильную гексагональную призму с базисом на одном конце и с обломанным другим концом. Он достигает 48,3 см в длину и 41 см в поперечнике и весит 110,2 кг. Прозрачность его была столь совершенна, что сквозь него можно было видеть в направлении длинной оси кристалла. Он был отправлен в город Баию и, как сообщалось, продан за 25 000 долларов (около 5000 фунтов стерлингов). В последующие годы был найден превосходный многогранный кристалл ювелирного качества. Он достигал 22 см в длину и 14 см в ширину и весил 5,4 кг.

На Мадагаскаре добываются великолепные ювелирные камни замечательного розового цвета. Они иногда настолько крупны, что после огранки из них получаются камни весом более 500 каратов. Эта разновидность получила название «морганит». Кроме того, здесь находят почти все разности берилла, за исключением изумрудов; наиболее обычны бесцветные, желтые, голубые или зеленые кристаллы. Берилл широко распространен на этом острове.

Аквамарины различной окраски добываются на нескольких месторождениях США; из них можно отметить Стоунхем в шт. Мэн, Хеддем в шт. Коннектикут, Пала и Меса-Гранде в округе Сан-Диего в Калифорнии. Примечательно, что в Калифорнии найдено много оранжево-розовых камней, имеющих различную глубину окраски. В целом они бледнее, чем камни с Мадагаскара, и редко имеют настоящий розовый цвет морганита. О находках здесь таких кристаллов свидетельствует великолепный розовый кристалл весом около 4 кг и длиной около 27 см, который хранится в Галерее минералов Британского музея естественной истории.

В Новом Южном Уэльсе в Австралии, примерно в 14,5 км к северо-востоку от Эммавилла, в пегматитовой жиле встречается голубовато-зеленый берилл, окраска которого варьирует от почти бесцветной до изумрудно-зеленых тонов; он ассоциируется с касситеритом и топазом. Подобные камни найдены в слюдяных слан-

цах и пегматитовых жилах в Пуне, приблизительно в 64 км к северо-западу от Кью, в Западной Австралии. В Австралии имеется еще несколько небольших месторождений, где берилл находят в ассоциации с касситеритом.

Аквамарин находили раньше в различных местах округа Коимбаторе, шт. Мадрас; кроме того, несколько небольших месторождений этого камня имеется в Раджпутане и в Кашмире в Индии. На острове Шри Ланка встречается желтый берилл, но он довольно редок.

Красивые зеленые и желтые бериллы находят в пегматитовых жилах в ассоциации с черным турмалином, кварцем, полевым шпатом, слюдой и другими минералами в различных районах Намибии. Главное месторождение, расположенное близ Россинга, у железной дороги в Отави, примечательно тем, что на нем добывают своеобразную золотисто-желтую разновидность берилла — гелиодор; здесь встречаются также отличные аквамарины и желтовато-зеленые разновидности берилла.

Красивые голубые кристаллы берилла, встречающиеся в гранитах гор Морн в Северной Ирландии, загрязнены и непригодны в качестве ювелирных камней. Похожие кристаллы находят близ Лиможа во Франции.

Берилл сравнительно широко распространен, и сообщалось о многих других месторождениях этого минерала, хотя качество или количество его в них редко отвечает требованиям, предъявляемым к промышленным месторождениям. Среди них можно упомянуть область Шиньянга в Танзании и горы Сан-Луис в Аргентине. Сообщалось, что берилл был найден в нескольких местах в Китае.

Непрозрачные кристаллы берилла обычно больше прозрачных или просвечивающих кристаллов. Огромные непрозрачные кристаллы берилла найдены в Норвегии[1].

[1] Берилл в виде обычных дефектных кристаллов, непригодных для ювелирных изделий, распространен довольно широко, драгоценные же выделения этого минерала крайне редки. Причиной является то, что драгоценными разностями являются кристаллы, образовавшиеся в идеальных условиях, таких, когда росту кристалла ничто не мешало, когда этот рост шел в достаточно постоянных условиях и относительно медленно. Необходимо, чтобы кристалл мог спокойно наращивать слой за слоем без каких-либо дефектов и без изменения состава, а также без захвата растворов и каких-либо других кристаллов, образующихся в том же растворе. Иначе говоря, для получения драгоценного кристалла должны существовать условия «свободного роста» в какой-либо полости — кристаллизаторе. В природе таким кристаллизатором для многих минералов являются полости так называемых пегматитовых жил.

Экспериментальные исследования последних лет довольно уверенно показывают, что гранитная магма может существовать только в том случае, если она будет содержать значительное количество воды (2—4% от ее общего веса). С этим положением полностью согласуются и полевые наблюдения над поведением гранитоидов в природе. При кристаллизации гранитной магмы

в толще земной коры из нее выделяются главным образом минералы, не содержащие воду (полевой шпат, кварц) или содержащие ее в малых количествах (слюда). В результате главная масса воды концентрируется в остаточном расплаве. Если водный флюид вместе с растворенными в нем компонентами может уйти из этого остаточного расплава во вмещающие породы, то гранит кристаллизуется в виде однородной зернистой массы — аплита, а флюиды изменяют вмещающие породы и отлагают в них растворенные компоненты.

Если же застывшие части гранита мешают флюиду уйти из полости, ранее заполненной расплавом, то формируются очень своеобразные гранитоидные тела, получившие название пегматитовых жил (или просто пегматитов). Для таких тел характерна определенная зональность. После кристаллизации зоны нормального гранита, мешающего флюиду уйти, расплав обогащается флюидом, его вязкость снижается и начинают кристаллизоваться те же плохо растворимые силикатные минералы, что и ранее, но в значительно более крупных кристаллах. Незакристаллизованный остаток продолжает обогащаться флюидом, переходя в конечном итоге в водный раствор, заполняющий оставшуюся полость. Последние этапы кристаллизации в полости идут уже из значительно охлажденного водного раствора, и тут из него выпадают все вещества, бывшие ранее компонентами водного флюида. Именно в таких остаточных полостях кристаллизуется за счет фтора, содержавшегося во флюиде, топаз, а за счет окиси бериллия — берилл. Конечно, в состав этих минералов входят и широко распространенные в гранитах окислы — кремнезем и глинозем, необходимые для построения обоих упомянутых минералов. Если во флюиде (и, очевидно, в первоначальной гранитной магме) содержались бор и редкие щелочи, в частности литий, то за их счет образуются турмалин в прекрасных розовых и зеленых кристаллах и маложелезистая литиевая слюда. Как правило, остаточные растворы бедны окислами железа. Железосодержащие минералы выпадают из значительно более горячих растворов; и железистый турмалин — шерл, и железистая литиевая слюда — циннвальдит выпадают на ранних этапах кристаллизации и поэтому не дают совершенных драгоценных кристаллов.

На образование полостей и минералогию пегматитовых жил оказывает очень большое влияние глубина их формирования. На больших глубинах, где в результате господствующих там высокого и сверхвысокого давлений растворяющая способность водного флюида исключительно велика, центральная пустота не возникает; центр жилы целиком выполняется кварцем, который особенно интенсивно растворяется во флюиде; при этом образуется так называемый центральный кварцевый блок. Драгоценных минералов, как правило, в таких жилах не бывает; отсюда добываются редкие элементы, слюда, керамические кварц и полевой шпат.

Только в тех случаях, когда пегматитовая жила формируется на умеренных глубинах, где растворимость силиката снижена, в ней может сохраниться центральная пустота — кристаллизатор, где спокойно растут драгоценные кристаллы, имеющие ювелирную ценность.

На самых малых глубинах пегматитовые жилы в гранитах также не могут образоваться; здесь флюид, как правило, не может удержаться в незакристаллизованном остатке. Он легко находит подходящие пути и уходит из сферы кристаллизации магматического тела.

Пегматиты Урала, Бразилии и Мадагаскара формировались на наиболее благоприятной глубине, отсюда и их богатство драгоценными минералами, в первую очередь бериллом, топазом, розовым и зеленым турмалином.

Помимо драгоценных минералов, в пегматитовых жилах в исключительно редких условиях, когда возможна совершенная кристаллизация с участием водных флюидов и растворенных в этом флюиде веществ, формируются кристаллы многих минералов, представляющие гордость минералогических музеев.— *Прим. ред.*

24

Топаз

Топаз был очень распространенным желтым камнем в ювелирных изделиях и часто служил главным камнем в брошах или подвесках, особенно в старинных изделиях. Существует общее представление, что все желтые камни являются топазами, а все топазы — желтые, но ни одно из этих утверждений не соответствует истине. Большое число желтых камней, напоминающих топаз, в действительности являются желтым кварцем — цитрином, который одно время почти повсюду назывался ювелирами топазом, причем для того, чтобы отличить истинные топазы от цитрина, к топазу прибавлялось определение «бразильский». Кроме упомянутых, желтый цвет имеют и другие минералы. Так, одной из разновидностей корунда являются красивые желтые сапфиры, которые иногда неправильно назывались восточными топазами; нередко встречается желтый турмалин. Желтый хризоберилл всегда имеет довольно ясно выраженный зеленоватый оттенок.

В прошлом, когда о свойствах минералов знали немного, все прозрачные желтые камни называли топазами. С ростом знаний ювелиры стали различать (главным образом на основе различий в твердости) более твердые разновидности, употребляя для топаза в понимании минералогов определение «бразильский», а для желтого корунда определение «восточный», оставив название «топаз» для обозначения желтой разновидности кварца — цитрина. Такая практика сохраняется и поныне, и названия «королевский топаз» и «индийский топаз» прилагаются иногда к желтым корундам с Цейлона или из Индии. Неправильно также называть топаз любым другим именем, например хризолитом. В соответствии с международным соглашением, ювелиры решили следовать за минералогами и употреблять название «топаз» только для обозначения природных фтористых алюмосиликатов.

Топаз часто совершенно бесцветен или очень слабо окрашен. Нередко наблюдаются желтые оттенки различной густоты: от бледно-желтых до густых вишнево-коричневых тонов; встречаются чисто голубые и бледно-зеленые камни, часто принимаемые за аквамарины (цветное фото V). Красные и розовые камни в природе очень редки. Естественные красные камни, которые находили, хотя и редко, в Бразилии, называли бразильскими рубинами; этот термин вносит путаницу, и употреблять его не следует. Красивые

розовые топазы, которые издавна привлекали внимание ювелиров, получают из бразильских коричневато-желтых камней путем их нагревания. Этот цвет возникает при охлаждении нагретых камней и, по-видимому, не выцветает под действием солнечного света, как это обычно бывает с многими розовыми минералами. Воспроизвести это изменение окраски довольно легко. Один страстный коллекционер любил удивлять и развлекать своих гостей, помещая в камин тигель с несгораемым порошком, в котором находился подходящий кристалл топаза, и после обеда извлекал из тигля розовый кристалл. Нагревание вызывает некоторое перераспределение слагающих кристалл атомов, так как все эти розовые топазы, сохраняя прежнюю форму кристаллов, обладают высокими показателями преломления и резко выраженным дихроизмом. В то же время чуждые атомы диффундируют в кристалл и вызывают появление различных оттенков окраски. Следует отметить, что не все желтые топазы становятся розовыми при нагревании. Так, например, топазы с Цейлона обесцвечиваются. Бледноокрашенные желтовато-коричневые кристаллы с реки Урульги, СССР, выцветают при длительном воздействии яркого солнечного света.

Точное значение слова «топаз» неизвестно. В английский язык оно пришло от греческого τόπαζος или латинского topazus, но происхождение слова еще древнее и, возможно, восходит к санскритскому слову, означающему тепло или огонь. Одно время полагали, что ключ к разгадке содержится в описании топаза, приводимом Плинием:

«Топаз — камень, который все еще высоко ценится из-за его зеленой окраски. И впрямь, когда его впервые открыли, то предпочитали всем другим видам драгоценных камней. Случилось так, что пираты из некоего дикого племени, страдая от бури и голода, высадились на остров у берегов Аравии, известный под названием Цитис. Они стали выкапывать для пропитания корни диких трав и открыли этот драгоценный камень. Таково, по крайней мере, мнение Архелая. Юба говорит, что в Красном море, на расстоянии трехсот стадий от материка, есть остров по имени Топазос. Этот остров часто бывает скрыт туманом, так что моряки вынуждены разыскивать его. Поэтому-то он и получил свое современное название — слово «топазин» на языке троглодитов означает «искать».

Весьма вероятно, что греческое слово и сходно звучащее слово какого-то восточного языка были спутаны. Однако из описания явствует, что под словом «топаз» в дни Плиния понимали другой драгоценный камень. Если он был зеленым и происходил с острова в Красном море, то это, вероятно, был наш оливин (перидот). Топаз в нашем понимании Плиний относил, вероятно, к хризолиту.

Топаз является фторосиликатом алюминия с формулой $Al_2(F, OH)_2SiO_4$, причем некоторая часть атомов фтора замещается гидроксилом. Он кристаллизуется в ромбической сингонии; его кристаллы имеют призматический габитус и венчаются многочисленными пирамидальными гранями и иногда базопинакоидом (цветное фото V). Полностью сформированный с обоих концов кристалл показан на рис. 22, но часто кристаллы бывают обломаны с нижнего конца по хорошо выраженной базальной плоскости спайности (рис. 122).

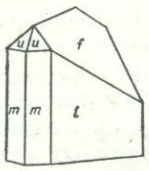


Рис. 122. Кристалл топаза с базальной плоскостью спайности.

В соответствии с кристаллографической симметрией кристаллы топаза двуосны, и поскольку средний показатель преломления весьма близок к минимальному, топаз оптически положителен. Величины наименьшего показателя преломления для самоцветов варьируют от 1,607 до 1,632, а значения наибольшего показателя преломления — от 1,616 до 1,640, причем максимальное двупреломление во всех случаях остается почти одним и тем же, а именно равным 0,008. Высокими значениями показателей преломления отличаются бразильские желтые камни и розовые камни, полученные при нагревании, а более низкие значения характерны для более плотных белых и голубых или зеленоватых камней. Дисперсия невелика, достигая для интервала $B - G$ лишь 0,014. Дихроизм желтых топазов хорошо заметен, причем один из цветов отчетливо более красноватый, чем другой. Дихроизм розовых камней, полученных путем нагревания, довольно резкий.

Топаз имеет стеклянный блеск и часто исключительно чист. Он нередко обнаруживает пироэлектрический эффект, особенно заметный при испытании небольших обломков. Топаз сильно электризуется при трении. В ультрафиолетовых лучах наблюдается слабая флюоресценция. Однако розовые разновидности слабо флюоресцируют при облучении красным светом с длиной волны 6820 Å; на этом же участке обнаруживается полоса в спектре поглощения. Наблюдаемые эффекты в обоих случаях обусловлены присутствием хрома.

Вариации плотности для топазов, имеющих различную окраску, следующие: розовые — от 3,50 до 3,53; желтые — от 3,51 до 3,54; бесцветные — от 3,56 до 3,57; голубые — от 3,56 до 3,57. Аномальный голубовато-белый топаз весом 47,88 метрического

карата имеет следующие значения плотности, а также наименьшего и наибольшего показателей преломления: 3,526, 1,611, 1,619. Как было указано выше, топаз по сравнению с другими драгоценными камнями обладает самым низким светопреломлением.

Твердость топаза по шкале Мооса 8. По твердости он уступает лишь таким драгоценным камням, как хризоберилл, корунд и алмаз, но интервал твердости между топазом и кварцем (7) значительно меньше, чем между ним и корундом (9). Он обладает совершенной спайностью по базопинакоиду, и по этой причине топазы следует носить с осторожностью. Резкий удар может вызвать появление перистых трещин, даже если камень и не расколется. При определении твердости топаза царапины следует наносить по различным направлениям, поскольку он характеризуется очень сильной анизотропией твердости и значительно легче царапается вдоль спайности. Выколотые по спайности пластинки топаза дают картину двуосного кристалла в сходящемся поляризованном свете, так как биссектриса острого угла между оптическими осями располагается перпендикулярно поверхности пластинок. Выходы оптических осей, однако, будут лежать вне пределов поля зрения микроскопа, так как угол оптических осей довольно велик (точное его значение зависит от соотношения фтора и гидроксила в данном образце).

Обычно топазы, когда они имеют нормальные размеры, подвергают бриллиантовой огранке сверху и ступенчатой огранке снизу, а площадка иногда бывает округлена. Бесцветные камни зачастую подвергают бриллиантовой огранке. Топаз отлично полируется, приобретая ослепительный блеск. Из-за совершенной спайности при огранке топаза следует соблюдать большую осторожность, чтобы не возникли дефекты.

Одно время топаз не считался драгоценным камнем, но ныне экземпляры высокого качества стоят дорого. Наибольшим спросом пользуются розовые камни, о которых неоднократно упоминалось выше. Поскольку камни любого размера добывают без особого труда, стоимость карата с увеличением размеров камней не растет столь стремительно, как в случае других, более ценных камней.

Полагают, что камень «Браганза», входящий в число регалий Португальской короны и считавшийся гигантским алмазом весом 1680 каратов, на самом деле является бесцветным топазом. Правильно ограненный кристалл голубого топаза из Бразилии, хранящийся в Музее естественной истории в Чикаго, весит 5890 каратов. Коллекция минералов Британского музея естественной истории содержит два кристалла топаза, примечательных своей огранкой. Первый — ступенчато-ограненный камень квадратной формы, без изъянов, голубого цвета, весящий 614 метрических каратов и происходящий из Бразилии. Второй камень — более

крупный, бесцветный, имеющий бриллиантовую огранку, овальной формы, без изъянов, весом 1300 метрических каратов. Среди неограненных кристаллов в этой коллекции имеется несколько необычных камней, заслуживающих особого внимания. Первый из них — крупный, уплощенный кристалл бледно-голубого цвета с зонально расположенными участками более густой окраски, обточенный водой, весом 3,6 кг, размером 18×13×5 см; он был найден в Марамбайе в горах Серраду-Чиффре, шт. Минас-Жерайс, Бразилия. Два других — крупные бесцветные окатанные призматические кристаллы, из которых один, происходящий из Бразилии, весит 13 кг, а другой, с Цейлона, весит около 6 кг. Последний из этих кристаллов был обнаружен в середине нынешнего столетия в одном из магазинов на Флит-Стрит, где им подпирали дверь, так как хозяин магазина думал, что это кусок стекла. Примером того, каких размеров могут достигать кристаллы непрозрачного топаза, служит гигантский образец весом 62 кг из Сетерсдаля в Норвегии, который является ценным экспонатом несмотря на его качество.

Хотя диапазон показателей преломления топаза перекрывает значения показателей преломления турмалина, их нельзя спутать, так как турмалин обладает вдвое большим двупреломлением по сравнению с топазом. На рефрактометре две границы света и тени для турмалина легко различимы при освещении дневным светом, а при исследовании топаза они перекрываются и различимы только в натровом свете. Различие в преломляющей способности позволяет легко отличить топаз от кварца, с которым его так часто путают. Действительно, величины показателей преломления топаза позволяют с легкостью определить этот минерал. Окрашенные каемки на границе света и тени при освещении дневным светом позволяют отличить топаз от флинтгласса, имеющего почти такой же показатель преломления и часто используемого для изготовления дешевых имитаций. Благодаря своей высокой плотности топаз тонет в иодистом метилене, в то время как кварц, берилл и турмалин, с которыми его иногда можно спутать, плавают в этой жидкости.

Топаз встречается главным образом в пегматитовых жилах и в гнездах в гранитах и является типичным продуктом воздействия горячих кислых флюидов на горные породы, богатые алюмосиликатами; по этой причине топаз обычно сопровождается такими минералами, как флюорит, касситерит и турмалин, которые имеют близкий генезис[1].

[1] Следует указать на существование горных пород, в которых топаз играет роль породообразующего минерала. Прежде всего, это метасоматические породы, представляющие собой глубоко переработанные фторидами граниты. Иногда это даже почти чистые кварц-топазовые породы, сопровождающие флюоритовые или другие рудные месторождения. Кроме того, это

Великолепные кристаллы топаза происходят из двух обширных горнодобывающих районов России, из которых один простирается вдоль восточного склона Уральских гор, а другой расположен в окрестностях Нерчинска в Забайкалье. Красивые зеленые и голубые камни найдены близ деревни Алабашка к востоку от Невьянска и в расположенных южнее Ильменских горах, а также на золотых приисках на реке Санарке, где добывались редкие топазы красноватой окраски. Превосходные бледно-коричневые кристаллы, выцветающие на солнечном свету, происходят с речки Урульги на северном склоне Борщовочного хребта, а хорошие кристаллы топаза сопровождают бериллы в хребте Адун-Челон; оба эти местонахождения расположены в районе Нерчинска в Восточной Сибири. Желтые, голубые и зеленые топазы находили на крайнем востоке Сибири.

Многие топазы, используемые в ювелирном деле, происходят из Бразилии. Главное их месторождение расположено близ Оуро-Прето, на юге шт. Минас-Жерайс; здесь найдены кристаллы всех оттенков желтого цвета — от совсем бледных до густоокрашенных винно-желтых. Очень редко здесь находили также красные камни. Их называли «бразильскими рубинами», но такое название порождает путаницу, и употреблять его не следует. На северо-востоке шт. Минас-Жерайс встречаются окатанные гальки голубого и бесцветного топаза, которые присутствуют в большом количестве в речных галечниках близ Арассуахи; здесь топазу сопутствуют берилл и хризоберилл.

На Цейлоне находили окатанные гальки бесцветного, бледно- и темно-желтого и светло-зеленого топаза. Встречающиеся здесь бесцветные камни неправильно называют «водяными сапфирами», а шафранно-желтые — «индийскими топазами». Светло-зеленые топазы часто путают с бериллом и пускают их в продажу как аквамарины. Камни, известные в некоторых местах под названием «королевские топазы», в действительности являются корундами (желтыми сапфирами).

Главным месторождением желтых топазов в XVIII в. был Шнекенштейн в Саксонии. Некоторые происходящие отсюда камни обладают зеленоватым оттенком и по этой причине получили название «саксонские хризолиты». Такое использование слова «хризолит», которое должно относиться лишь к минералу оливину, неправильно, и его следует избегать.

В Японии кристаллы топаза встречаются довольно часто, но они либо бесцветные, либо имеют лишь слабый голубоватый, зеленоватый, желтоватый или коричневатый оттенок; очень редки здесь разноцветные кристаллы. Говорят, что коричневатые камни

настоящие магматические топазсодержащие жильные породы. Такие породы описаны в Монголии и получили название онгонитов.— *Прим. ред.*

полностью утрачивают окраску на ярком солнечном свету. Главные месторождения находятся близ Такаямы и Наэги в провинции Мино и в Танокамияме в провинции Оми.

Хорошо образованные бесцветные и бледно-голубые кристаллы найдены в пегматитовых жилах в Усакосе на юго-западе Африки. Хорошие кристаллы довольно густого голубого цвета встречаются на плато Джос в Северной области Нигерии, а также в содержащих самоцветы галечниках в Сомабуле в Замбии.

Бесцветные и голубоватые топазы встречаются во многих районах США. В округе Сан-Диего в Калифорнии их сопровождает синий турмалин; в горах Томас в шт. Юта они встречаются в пустотах в риолитах; в шт. Колорадо они найдены в нескольких месторождениях, главным образом в гнездах в гранитных пегматитах; такие же условия залегания характерны для топазов из округа Мэзон, шт. Техас, и Нью-Гэмпшира. Коричневые или коричневые и голубые кристаллы известны из месторождений в шт. Юта и Нью-Гэмпшир. Подобные кристаллы встречали на острове Флиндерс, а также близ Эммавилла в Новом Южном Уэльсе в Австралии и на острове Тасмания. Топазы встречаются также в Могоке в Верхней Бирме и на Мадагаскаре[1].

[1] Кристаллы топаза, пригодные для использования в ювелирном деле, встречаются почти исключительно в пустотах пегматитовых жил. Обычно драгоценный топаз ассоциируется в месторождениях с ювелирным бериллом. Это полностью подтверждается при сопоставлении месторождений, описываемых в настоящей главе и в главе, посвященной бериллу.

Условия генезиса кристаллов топаза уже описаны в примечании на стр. 328—329.

Следует отметить, что топаз, как минерал, отнюдь не является редким и местами в значительной степени слагает метасоматические и магматические породы.— *Прим. ред.*

25
Шпинель

Шпинель как драгоценный камень находится в чрезвычайно невыгодном положении, будучи оттесненной на задний план почти по всем статьям своими роскошными и знаменитыми собратьями — сапфиром и рубином, и не столь широко известна, как она того заслуживает. Единственные разновидности, которые высоко ценятся как самоцветы, весьма напоминают настоящий рубин. Их, вероятно, часто путают, тем более что в природе они встречаются совместно. Шпинели других окрасок не очень красивы и едва ли будут пользоваться большим спросом. Синяя шпинель редко встречается в природе, а ее цвет имеет стальной оттенок и намного уступает превосходной окраске настоящих сапфиров. Шпинель — очень твердый минерал и поэтому очень хороша для вставок в кольца. В то же время она редко достигает больших размеров и достаточной прозрачности, для того чтобы применяться в крупных ювелирных изделиях.

В минералогии для этого минерала употребляется название «шпинель», и нет никаких причин не применять его для обозначения камней, используемых в ювелирном деле; следует лишь уточнять его, по желанию, определениями, обозначающими соответствующий цвет. Так, мы можем говорить о красной шпинели, оранжевой шпинели и т. д. Давно установившийся обычай называть красную шпинель рубином-балэ или, реже, шпинель-рубином нельзя признать удачным, и от него следует отказаться. Более приемлемым для обозначения оранжево-красной шпинели является старое название «рубицелл». При употреблении таких названий люди, не сведущие в драгоценных камнях, могут вынести ложное представление, что называемые таким образом камни родственны красному корунду, однако самое большее, что о них можно сказать,— это то, что они резко отличаются от последнего. Тем более не следует употреблять путаные термины в надежде всучить ничего не подозревающему покупателю тот или иной камень, называя фиолетовую шпинель восточным аметистом, а синюю шпинель — сапфир-шпинелью. Еще хуже противоположная практика, когда словом «шпинель» обозначают совсем другие минералы; например аризонская шпинель и канди-шпинель являются просто-напросто гранатами. Такие названия никогда не должен употреблять тот, кто заботится о точности номенклатуры. Не следует

также лилово-красную разновидность называть альмандин-шпинелью, поскольку альмандин — одна из разновидностей граната.

Шпинель является сложным окислом магния и алюминия $MgAl_2O_4$. Раньше ее относили к «алюминатам», но выяснилось, что кристаллическая структура этого минерала соответствует структуре окислов. В этой структуре каждый ион магния окружен четырьмя ионами кислорода, а каждый ион алюминия — шестью ионами кислорода. В структуре отсутствуют сложные ионы, наличие которых могло бы оправдать старое определение этого соединения. Собственно шпинель является одним из конечных членов изоморфного ряда. Ион магния может замещаться ионом двухвалентного железа (цейлонит, плеонаст, герцинит), ионом цинка (ганошпинель, ганит) или ионом марганца. Алюминий может замещаться хромом (пикотит, хромит) или трехвалентным железом (хлорошпинель).

Слово «шпинель» пришло к нам от французского spinelle, но происхождение последнего неясно. Этимологически наиболее вероятно происхождение от слова spinella — уменьшительной формы латинского слова spina (шип), от которого происходит английское слово spine. Однако это — не слишком подходящее название для кристаллов шпинели, и первоначально оно, возможно, прилагалось к минералу, кристаллы которого имеют характерную игольчатую форму, и лишь впоследствии было перенесено на собственно шпинель. Согласно другому предположению, слово «шпинель» происходит от греческого σπινθήρ (искра) и его не вполне обычной формы σπινος, применявшейся для обозначения этого минерала в связи с красным цветом наиболее ценных его кристаллов. Это предположение правдоподобно, но не столь вероятно. Слово «балэ» пришло от латинского слова balascus, которое в свою очередь происходит от арабского слова «Бадахшан» (Badakshan) — названия района, где в средние века добывались наиболее красивые камни. Слово «рубицелл» заимствовано из французского языка и, по-видимому, является уменьшительной формой от rubace — другой формы слова rubis (рубин). «Плеонаст» — французское слово (pléonaste), которое происходит от греческого πλεοναστος (обильный) — намек на дополнительные грани, осложняющие основной октаэдр. Пикотит назван в честь Пико-де-ла-Пейруза, который описал хромовую шпинель.

Чистая шпинель бесцветна, но в природе такие камни встречаются очень редко. Красивые красные камни, так называемые рубины-балэ, достаточно хорошо известны, причем их цвет связан с присутствием хрома, как и в случае настоящих рубинов. Слегка желтоватый оттенок рубицели связан с присутствием железа, а марганец, возможно, является причиной лилово-красной окраски. Цвета шпинели настолько разнообразны, что трудно перечислить все оттенки между синей и красной окраской, которые

этот минерал может принимать. Камни, богатые железом, совершенно непрозрачны, но иногда используются как декоративные. Зеленоватые и коричневатые разновидности редко применяются в ювелирном деле. Различные естественные цвета шпинели показаны на цветном фото VII.

Подобно алмазу, шпинель кристаллизуется в кубической сингонии и встречается в виде красивых октаэдров или плоских треугольных пластинок (рис. 123, цветное фото VII), раздвоенных по углам. Эти пластинки в действительности являются сдвойнико-

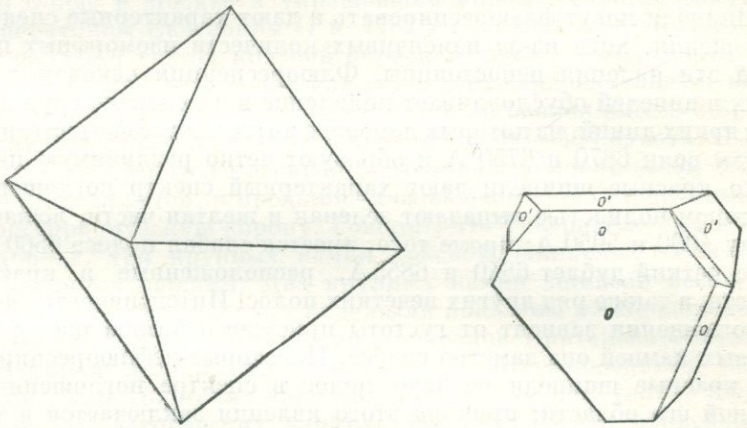


Рис. 123. Кристаллы шпинели: *1* — простой, *2* — сдвойникованный.

ванными октаэдрами. Способ их двойникования столь характерен для этого минерала, что сдвойникованные по тому же закону кристаллы других минералов называются шпинелевыми двойниками. Октаэдры шпинели часто неправильно развиты, так что наибольшее развитие получает одна грань или пара противоположных граней. В этом случае кристаллы шпинели весьма напоминают кристаллы настоящих рубинов, поскольку разница в величине углов между гранями не очень велика и неразличима на глаз.

В связи с тем что шпинель относится к кубической сингонии, она не обладает двупреломлением и лишена дихроизма. Ярко выраженный дихроизм рубина и отсутствие дихроизма у шпинели позволяют легко различать эти два самоцвета даже тогда, когда их кристаллы имеют сходный облик.

Показатель преломления шпинели варьирует в широких пределах вследствие того, что один из элементов изоморфно замещается другим без каких-либо нарушений кристаллической решетки. Величина показателя преломления зависит от того, какой эле-

мент присутствует в кристаллической решетке. Поскольку некоторые из этих элементов оказывают сильное влияние на окраску минерала, вариации показателя преломления могут быть сопоставлены с цветом камня. Так, для красных камней величина показателя преломления меняется от 1,715 до 1,735 в соответствии с содержанием хрома. Для синих камней эта величина колеблется от 1,715 до 1,754 в соответствии с содержанием цинка. Показатели преломления камней другой окраски колеблются от 1,712 до 1,717; нормальное значение — 1,717. Дисперсия низкая и для интервала B — G достигает лишь 0,020.

Шпинели могут флюоресцировать и дают характерные спектры поглощения, хотя из-за изменчивых количеств изоморфных примесей эти явления непостоянны. Флюоресценция некоторых розовых шпинелей обусловливает появление в их спектре группы из пяти ярких линий, из которых наиболее интенсивные соответствуют длинам волн 6870 и 6750 Å и образуют четко различимую пару. Чисто красные шпинели дают характерный спектр поглощения, в котором полностью выпадают зеленая и желтая части, лежащие между 4900 и 5950 Å; кроме того, имеется слабая полоса 6560 Å и более четкий дублет 6840 и 6855 Å, расположенные в красной области, а также ряд других нечетких полос. Интенсивность спектра поглощения зависит от густоты присущего камню цвета; для розовых камней она заметно слабее. Некоторые нефлюоресцирующие красные шпинели не дают полос в спектре поглощения, в красной его области; причина этого явления заключается в том, что окраска в данном случае связана не с хромом, а с другими элементами.

В спектре поглощения синей шпинели благодаря присутствию железа выделяется до десяти полос. Однако большинство из них нечеткие, но полоса 4590 Å в синей области весьма выдержанна и различима в камнях, содержащих менее 2% окиси железа; с нею соперничает другая, более слабая линия 4800 Å.

Плотность прозрачных шпинелей колеблется от 3,58 до 3,63; у обогащенных цинком разновидностей плотность может достигать 4,06. Следует отметить, что плотность ганита варьирует от 4,0 до 4,6; этот минерал практически непрозрачен. У другой разновидности, цейлонита, плотность возрастает с увеличением содержания железа приблизительно до 4,0; это черная и непрозрачная разновидность шпинели.

Шпинель мягче, чем сапфир и рубин. Твердость ее по шкале Мооса 8. Блеск шпинели менее ярок, чем блеск этих камней. В шпинели иногда различима несовершенная спайность, параллельная граням октаэдра, которая, возможно, является отдельностью, вызванной двойникованием. Шпинели допускают различные формы обработки в зависимости от назначения изделий. Так, они могут быть ограничены бриллиантовой, ступенчатой или комбинированной

огранкой, а также в форме кабошона. Единственной разновидностью шпинели, пользующейся спросом у ювелиров, является густоокрашенная красная разновидность, неправильно называемая шпинель-рубином и весьма напоминающая этот минерал, но по стоимости значительно уступающая ему.

Романтические истории «Рубина Черного принца»— одной из наиболее ценных регалий Британской короны, и рубина «Тимур», также являющегося собственностью Британской короны, приведены выше; оба этих камня в действительности являются шпинелью. Великолепный красный камень, ныне находящийся в Алмазном фонде в Москве и украшавший корону, изготовленную для императрицы Екатерины II в 1762 г., также является шпинелью. Он обладает густой красной окраской, чист и прозрачен и имеет неправильную форму, так как сохраняет первоначальную восточную огранку. В настоящее время он прикреплен вместе с бриллиантом к булавке, и вес его оценивается в 400—404 карата. В Лувре в Париже хранится красивая ограненная шпинель весом 105 метрических каратов, в прошлом украшавшая вместе с другими камнями Французскую корону. Говорят, что Тавернье купил в Индии в 1665 г. три крупных камня красной шпинели весом около 200 каратов каждый. Два крупных камня шпинели весом 81 и 72,5 карата в ограненном виде были показаны на Лондонской выставке в 1862 г. В коллекции минералов Британского музея естественной истории имеется крупный отполированный октаэдр весом 355 метрических каратов и отполированная галька шпинели весом 520 метрических каратов; оба этих камня происходят из Бирмы. Галька была захвачена в числе других сокровищ при взятии Летнего дворца китайского императора во время войны 1860—1861 гг.

Как было указано в предыдущей главе, синтез шпинели успешно осуществлен методом Вернейля и представляет исключительный научный интерес, так как в результате этих экспериментов было установлено, что глинозем в количестве, значительно превосходящем требуемое теоретическим составом шпинели, может соединяться с окисью магния, образуя твердый раствор, без нарушения кристаллической структуры. В природе такие обогащенные глиноземом шпинели не встречаются. Показатель преломления и плотность возрастают с увеличением содержания глинозема; так, для бесцветного материала с отношением $MgO : Al_2O_3$ 1 : 1 плотность равна 3,58, а показатель преломления 1,715; при отношении тех же компонентов 1 : 4 соответствующие величины равны 3,62 и 1,728. Эти синтетические камни можно отличить от естественных шпинелей по бо́льшим значениям их физических констант, их аномальному двупреломлению, связанному с неравномерным распределением напряжений в кристаллической структуре, и по их неестественным оттенкам окраски.

В общем шпинель легче всего распознать по ее показателю преломления, заметно более низкому, чем у рубина, пиропа или альмандина, с которыми ее можно спутать. Однако некоторые пиропы весьма напоминают шпинель, и для уверенного определения необходимо тщательное изучение показателя преломления и плотности. Например, величины показателя преломления и плотности для пиропов из Австралии равны соответственно 1,733 и 3,67, но для шпинели с близким показателем преломления (1,734) плотность равна 3,61. Эти минералы можно различить также по их спектрам поглощения. Шпинель легко отличить от рубина, с которым она так часто ассоциируется и на который так похожа по внешнему облику, по отсутствию двупреломления и дихроизма, которые характерны для рубина.

Благородная шпинель встречается в кристаллических известняках и кристаллических сланцах, а также в аллювиальных отложениях, образовавшихся за счет размыва этих пород. Другие шпинелевые минералы являются составной частью некоторых изверженных пород, а также пород, возникших при их изменении.

Красная шпинель и рубины встречаются вместе в галечниках Могока в Верхней Бирме. Удивительно, что рубины обычно окатаны, в то время как шпинель находят в виде правильных октаэдров, обладающих весьма совершенным цветом. На Цейлоне, помимо красных разновидностей, добывают красивые фиолетовые и синие камни, и, как указывает название, данное черной разновидности, здесь обычен плеонаст, или цейлонит. Шпинель вместе с сапфирами и рубинами присутствует в аллювиальных отложениях Чантабуна в Таиланде. Она встречалась в копях Бадахшана (Памир). И действительно, слово «балэ», как полагают, произошло от древней формы названия Бадахшана — Баласция.

26
Семейство гранатов

Группа минералов, известных под общим названием «гранаты», может служить примером того, что отнесение камня к разряду драгоценных определяется его редкостью. Благодаря большому количеству не слишком привлекательных желтовато-красных гранатов, которые поступали на рынок из копей бывшего королевства Богемии во второй половине прошлого столетия, эти минералы стали употребляться при изготовлении дешевых и зачастую малохудожественных ювелирных поделок и людьми, слывущими тонкими знатоками драгоценных камней, ценились очень невысоко. Однако, несмотря на тень, брошенную на это семейство самоцветов, они продолжают применяться и для изготовления первоклассных ювелирных изделий. Этому в немалой степени способствовало то обстоятельство, что красные гранаты, найденные вместе с алмазами на рудниках в Кимберли, и зеленые гранаты с Урала получили явно более привлекательные, но, конечно, совершенно неправильные названия «капские рубины» и «уральские изумруды», или «хризолиты». Употребление слова «хризолит» применительно к гранату особенно недопустимо, так как этот термин давно применяется для обозначения ценного и совершенно отличного минерала — магнезиально-железистого силиката, разновидность которого, называемая перидотом, высоко ценится как драгоценный камень.

Возможно, и даже весьма вероятно, что во времена, когда ювелиры уделяли мало внимания науке о драгоценных камнях, многие гранаты получили другие названия из-за ошибок при их определении. Многие красивые альмандины и сейчас можно спутать с настоящими рубинами; их часто очень трудно различить, по крайней мере на глаз. С поучительным примером такой путаницы автор столкнулся несколько лет назад. Некая леди однажды разбила один из камней в кольце с рубинами. Это кольцо принадлежало ее семье уже целое столетие и было куплено в одной из ведущих ювелирных фирм в Лондоне. Леди отнесла кольцо своему ювелиру и попросила его заменить разбитый камень другим рубином. День или два спустя ювелир сообщил леди, что неразумно вставлять в это кольцо рубин, так как остальные камни в нем поддельные. Естественно, леди расстроилась, так как кольцо всегда высоко ценилось в ее семье. Она посоветовалась с другом, и тот предложил

показать кольцо автору. Достаточно было одного взгляда, чтобы определить, что если кольцо носили столь долго, то камни в нем не могли быть поддельными, так как грани их сохранили совершенство полировки. Исследование на рефрактометре показало, что эти камни являются настоящими альмандинами, а не рубинами. Это красивое кольцо стоило, вероятно, лишь одну десятую часть той суммы, которую за него заплатили бы, если бы камни были действительно рубинами.

Для минералогов гранат по многим причинам представляет особый интерес. Он может служить отличным примером той легкости, с какой некоторые элементы замещают друг друга без каких-либо нарушений кристаллической структуры. Несмотря на кажущуюся сложность химического состава, все гранаты описываются однотипными формулами. Кальций, магний, двухвалентное железо и марганец, с одной стороны, алюминий, трехвалентное железо, и хром — с другой, могут замещать друг друга в широких пределах, и в действительности редко можно встретить камень, состав которого отвечал бы в точности одной из приведенных ниже формул:

Пироп	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	Гроссуляр	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
Альмандин	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	Андрадит	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$
Спессартин	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	Уваровит	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

Эти формулы соответствуют крайним членам изоморфных рядов, образующих семейство, и состав любого граната можно выразить через содержание крайних членов. На практике названия разновидностей широко применяются для всех камней, состав которых приблизительно соответствует определенной формуле, и трудно решить, где проводить границу между двумя какими-либо разновидностями. По-видимому, существует непрерывная серия переходов между пиропом и альмандином, возникающая при замещении железа магнием. Для членов этой серии, близких к пиропу, употреблялось название «родовит», а для средних членов ряда — название «пирандин». Существуют также непрерывные ряды между альмандином и спессартином и между гроссуляром и андрадитом, но замещение кальция марганцем, магнием и двухвалентным железом ограниченно. Для главных изоморфных серий минералоги используют названия «пиральспит» и «уграндит».

История происхождения названия «гранат», данного всему семейству этих минералов, довольно запутанна. В английский язык оно пришло из старофранцузского, в котором существовало слово, имевшее две формы — gernat и grenat, произошедшие от латинского grenatus. Корень последнего (gar) происходит от санскритского слова, означающего «стирать». Это значение в дальнейшем претерпело изменения. В греческом языке появилось слово γέρων (старик), а в латинском — слово granum (семя). Прилагательное

granatus означает «имеющий много семян», и вследствие этого существительное granatum прилагалось к плоду граната. Минерал, возможно, получил свое название из-за сходства окраски с окраской мякоти семян граната. Другое возможное происхождение названия минерала восходит к латинскому granum, означающему «зерно», а также «кошениль» и «красная краска»; при этом название связано с красным цветом — наиболее часто встречающейся окраской гранатов. Первые два пути происхождения слова «гранат» более правдоподобны, чем третий, который отдает предпочтение слову «семя» и предполагает, что выбор слова garnet опреде-

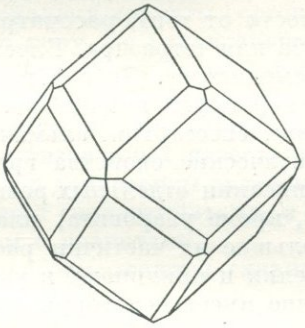


Рис. 124. Додекаэдрический кристалл граната.

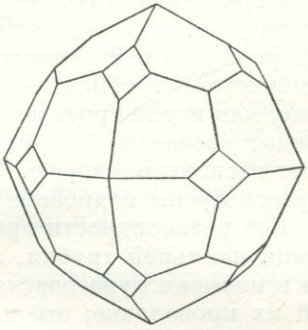


Рис. 125. Икоситетраэдрический кристалл граната.

лялся внешним обликом кристаллов, почти сферических по форме и напоминающих семена, особенно когда они заключены во вмещающую массу, напоминающую в этом случае пуддинг. Следует отметить, что слово «гранит» имеет то же происхождение; оно произошло от итальянского granito (зернистый), которое в свою очередь произошло от латинского granum.

Гранат кристаллизуется в кубической сингонии, причем его кристаллы обычно имеют додекаэдрический или икоситетраэдрический габитус (рис. 124, 125, цветное фото VI). Измененные кристаллы, особенно выветрелые или окатанные, почти сферические.

Наблюдения показали, что гранат редко бывает однородным. Хотя он не обладает двупреломлением, как это можно определить посредством измерения на рефрактометре или по отклонению лучей света при прохождении их через подходящим образом выбранную пару граней, в поляризационном микроскопе часто видны участки с небольшим двупреломлением. Оно настолько мало, что переход от света к темноте не резкий, как при нормальном двупреломлении, а растянут «в своего рода сумерки». Двупреломление гранатов обусловлено тем, что при остывании кристаллов от температуры кристаллизации до нормальной их структура подвергается легкому сжатию с появлением напряженных участков.

В связи с присущей кристаллам граната симметрией они не обладают двупреломлением, за исключением только что упомянутого случая, когда двупреломление вызвано напряжениями. Не наблюдается поэтому и дихроизма, что помогает отличить лиловато-красный альмандин от рубина. Вследствие значительных масштабов изоморфного замещения элементов в гранатах показатель преломления и плотность их меняются в широких пределах — от 1,74 до 1,89 и от 3,60 до 4,20 соответственно. Наиболее низкая плотность (3,45) отмечена у мелкозернистого граната, но не в единичных драгоценных кристаллах. Некоторые ограненные гранаты при соответствующем освещении дают четырех- или шестилучевую звезду в зависимости от того, рассматривают их в направлении оси симметрии куба или тетраэдра. Блеск гранатов меняется от стеклянного до смолистого. Твердость почти такая же, как и у кварца, но слегка варьирует, причем гроссуляр и андрадит несколько мягче, а пироп, спессартин, альмандин и уваровит несколько тверже. Эти физические свойства гранатов будут рассмотрены подробнее при описании отдельных разновидностей. Все разновидности гранатов, кроме уваровита, плавятся в пламени паяльной трубки, а небольшие их частички расплавляются в пламени бунзеновской горелки и прилипают к удерживающей их проволочке; это испытание имеет некоторую практическую ценность, так как позволяет отличать обломки красных гранатов — пиропа и альмандина — от имеющих сходный облик обломков корунда, шпинели и циркона.

В ювелирном деле наиболее широко используются огненно-красные пиропы, малиновые и сизо-красные альмандины и изумрудно-зеленые андрадиты (демантоиды). Чем ближе первые две разновидности по окраске к ярко-красному рубину, тем выше они ценятся. Гроссуляр в прошлом пользовался некоторым спросом, но он не обладает совершенной прозрачностью, и его цвет имеет не отвечающий современным требованиям желтоватый оттенок. Разновидность андрадита, известная под названием «демантоид», представлена прекрасными камнями бледного или темного изумрудно-зеленого цвета, с бриллиантовым блеском и высокой дисперсией, которые очень хороши в подвесках и ожерельях. Из-за их небольшой твердости, которая меньше, чем у кварца, было бы неосмотрительно вставлять их в кольца. Некоторые демантоиды имеют желтоватый оттенок, и такие камни, естественно, не пользуются большим спросом. Уваровит дает камни красивого изумрудно-зеленого цвета, но, к сожалению, он редко встречается в виде достаточно крупных камней, пригодных для огранки. Прозрачный и хорошей окраски спессартин также красив, но дает очень небольшое количество драгоценного материала, так что эта разновидность граната не находит широкого применения. Великолепный кристалл весом 6,21 метрического карата находится в кол-

лекции сэра Артура Черча в Британском музее естественной истории, а еще больший камень — весом 12,01 метрического карата — хранится в Геологическом музее в Лондоне. Ограненные гранаты разной окраски показаны на цветном фото VI.

Прежде гранаты гранились почти всегда в форме кабошонов. Ныне они гранятся обычной, или ступенчатой, огранкой или смешанной огранкой с бриллиантовой огранкой верха и ступенчатой огранкой низа.

Гранат, помимо того что он является драгоценным материалом, используется в промышленности как абразив, особенно для полировки дерева.

Поскольку гранаты состоят из главных элементов, слагающих земную кору, не удивительно, что они являются породообразующими минералами и входят в состав изверженных, осадочных и метаморфических пород. Материал, пригодный для ювелирных целей, встречается главным образом в кристаллических сланцах, метаморфизованных известняках и в аллювиальных отложениях. Пиропы и демантоиды связаны с перидотитами и образовавшимися за их счет серпентинитами, а альмандин и спессартин — главным образом с гранитами.

Ниже описываются главнейшие разновидности гранатов.

а. Гроссуляр

В науке эта разновидность известна под названием «гроссуляр». Это слово происходит от grossularia — ботанического термина, обозначающего «крыжовник». Минерал назван так из-за окраски и внешнего облика многих его кристаллов. Ювелиры же более знакомы с названиями «гессонит» или, менее правильным, «эссонит», происходящими от греческого слова ἧσσων (меньше), так как этот минерал имеет меньшую твердость, чем циркон, имеющий часто сходную окраску. Золотисто-желтый гроссуляр известен под названием коричного камня, причем такое название связано именно с окраской. Термины «гиацинт» или «джацинт» (hyacinth или jacinth) применялись для обозначения оранжевых и красновато-коричневых гроссуляров, но вообще эти названия используются для обозначения сходно окрашенного циркона.

Гроссуляр является самым обычным из кальциевых гранатов. В идеальном случае его состав отвечает формуле $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, но алюминий может в нем широко замещаться трехвалентным железом и хромом. Магний, двухвалентное железо и марганец до некоторой степени замещают кальций.

Цвет гроссуляра бледный оливково-зеленый, желтоватый, оранжевый, розовый или красновато-коричневый, но в ювелирном деле находят применение преимущественно желтоватые и оранжевые

камни. Зеленоватые камни цвета крыжовника, к которым наиболее уместно прилагать название «гроссуляр», или розовато-красные камни обычно недостаточно прозрачны, для того чтобы удовлетворять требованиям, предъявляемым к самоцветам. Коричный камень и гиацинт, как правило зернисты, как будто они состоят из мельчайших зерен. Эта особенность легко наблюдается в лупу с умеренным увеличением.

Показатель преломления гроссуляра обычно колеблется от 1,741 до 1,748. Плотность его меняется в пределах от 3,60 до 3,80. Массивный зеленый материал из Трансвааля обнаруживает довольно низкие значения этих величин: показатель преломления у него колеблется от 1,72 до 1,73, а плотность от 3,45 до 3,50. Более высокий показатель преломления легко позволяет отличить этот материал от жадеита или нефрита. Пропускаемый гессонитом свет при изучении его на спектроскопе обнаруживает не очень четкий спектр поглощения альмандина. Дисперсия для интервала B — G умеренная и достигает 0,028.

Твердость гроссуляра несколько больше, чем кварца. В пламени паяльной трубки он легко плавится с образованием зеленоватого стекла.

Ювелирный гроссуляр довольно часто встречается в галечниках Цейлона в тесной ассоциации с цирконом, имеющим почти такой же внешний вид. Оба этих минерала называют здесь гиацинтами или джацинтами, но это название следует сохранить лишь для цирконов. Желтые коричные камни еще обычнее. Прозрачные зеленые, желтые и коричневые гроссуляры обнаружены в Танзании. Недавно на рассмотрение было представлено несколько образчиков ювелирного зеленого гроссуляра из Пакистана. Красивые желтые кристаллы найдены на руднике «Джефферсон» близ Асбестоса в провинции Квебек в Канаде. Гроссуляры из других месторождений очень красивы как музейные образцы, однако они недостаточно крупные и недостаточно чистые для огранки. Одно время хорошие камни поставляло месторождение в Швейцарии, но оно давно истощилось. Красивые коричневато-зеленые кристаллы происходят с реки Вилюй, притока сибирской реки Лены. Гроссуляр найден вместе с другими гранатами — альмандинами и пиропами — на востоке Бразилии. Красивый розовый гроссуляр в белом мраморе из Ксалостока в Мексике был назван ландеритом (по имени Карлоса Ф. де-Ландеро), ксалостоцитом (по названию месторождения) или розолитом (по цвету).

Светло-зеленый массивный материал, описанный как гроссуляр, найден в 64 км к западу от Претории в Трансваале. По внешнему виду он напоминает некоторые разновидности жада и был продан как заменитель жада под неправильным названием трансваальского жада. Полагают, что этот материал образовался при замещении плагиоклаза, а анализы показали, что он является

членом ряда гидрогроссуляра — изоморфного ряда, конечными членами которого являются гроссуляр и соединение $3CaO \cdot Al_2O_3 \times \times 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Ожерелье, сделанное из этого материала, показано на цветном фото VI. Наряду с зеленым материалом изредка встречается и материал другого цвета — розовый и серый, который также содержит как гроссуляр, так и гидрогроссуляр. Его плотность колеблется от 3,36 до 3,57. Часть материала, называемого гидрогроссуляром, содержит рассеянный везувиан; последний, по-видимому, встречается как составная часть просвечивающего зеленого материала из Сибири и Пакистана, что сближает его с калифорнитом.

б. Пироп

Пироп — гранат, имеющий рубиново-красную окраску (цветное фото VI),— был одной из наиболее популярных разновидностей гранатов. В чистом виде — это бесцветный магнезиальный алюмосиликат с формулой $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, но он почти всегда содержит довольно большую примесь закисного железа и, таким образом, приближается по составу к альмандину. Действительно, трудно провести резкое различие между двумя этими разновидностями; обе они относятся к драгоценным гранатам. Пироп имеет малиновую окраску, иногда с лиловым оттенком, особенно если по составу он приближается к альмандину. Камни с желтоватым оттенком имеют гораздо меньшую ценность. Название минерала происходит от греческого слова πυρωπός (огнеподобный), что, очевидно, намекает на его характерный цвет. Попытки стимулировать торговлю камнями, давая им претенциозные названия, не отражающие того, чем эти камни являются в действительности, весьма предосудительны, и такие названия, как «капский рубин», «аризонский рубин», «колорадский рубин», «американский рубин», «аделаидский рубин» и «канди-шпинель», относящиеся к материалу, добытому на различных месторождениях, должны быть отброшены. «Эли-рубины» являются пиропами из местности Эли-Несс в Шотландии. Разновидность родолит получила название от греческих слов ῥόδον (роза) и λίθος (камень) в связи с цветом, напоминающим цвет розы.

Показатель преломления пиропа варьирует от 1,730 до 1,751, а плотность — от 3,65 до 3,80, но поскольку пироп постепенно переходит в альмандин, верхние пределы этих констант условны. Соответствующие величины для камней из Южной Африки колеблются от 1,740 до 1,750 и от 3,68 до 3,73, а для камней из Шри Ланки от 1,730 до 1,750 и от 3,65 до 3,80. Для родолита эти значения достигают 1,77 и 3,91; в спектроскопе этот материал обнаруживает полосу поглощения, характерную для альмандина, и явно представляет собой промежуточный член ряда пироп — альмандин. Дис-

персия для интервала $B - G$ умеренная — 0,024. Пироп несколько тверже кварца; твердость его $7^1/_2$ по шкале Мооса. Подобно другим гранатам, пироп легко определить по отсутствию дихроизма и по показателю преломления. Проявляющееся иногда сходство пиропа со шпинелью обсуждалось ранее.

Кристаллы пиропа иногда достигают значительных размеров. Говорят, что кайзер Рудольф II обладал одним из крупнейших экземпляров стоимостью 45 000 талеров (около 7000 фунтов стерлингов). В бывшем Императорском казначействе в Вене хранился красный камень величиной с крупное яйцо, который был, вероятно, пиропом. Другой камень, размером с голубиное яйцо, хранится в музее «Зеленый свод» в Дрездене, а камень весом 468,5 карата украшает Орден Золотого Руна, принадлежавший королям Саксонии.

Огромное количество мелких красных пиропов, преимущественно со слабым желтоватым оттенком, добывалось на обширной площади близ Требница в бывшей Богемии). В прошлом веке в Билине было создано гранильное производство и процветала торговля этими камнями, но позднее, в связи с конкуренцией со стороны более высококачественного материала, добываемого в других местах, особенно в Южной Африке, и в связи с тем, что богемские пиропы вышли из моды, гранильные фабрики были закрыты. Красивые пиропы встречаются вместе с алмазами в синей земле на южноафриканских рудниках, в частности на рудниках «Де Бирс» и «Кимберли». Подобные камни обнаружены в шт. Аризона и Колородо в США, а также в Австралии, Замбии, Аргентине, Бразилии и Мексике. Отличный материал, обогащенный железом и поэтому приближающийся к альмандину, добыт из роговообманковых сланцев и образовавшихся за их счет обломочных отложений, распространенных близ Намапуты в провинции Линди в Танзании. Эти камни продавались под совершенно неправильным названием «капских рубинов». Похожие камни, хотя несколько худшего качества, происходят с Мадагаскара. Очаровательные розово-красные или бледно-фиолетовые родолиты найдены в долине Кови-Вэлли в Северной Каролине в США, но количество их невелико, для того чтобы эти камни заняли в ювелирном деле подобающее им место. Имеющие такую же окраску камни недавно начали экспортироваться из Танзании; они известны также на Мадагаскаре и на Цейлоне [1].

---

[1] Автор настоящей книги не подчеркнул две важнейшие геологические особенности пиропа. Во-первых, этот гранат, как показали экспериментальные исследования, образуется только в условиях высокого давления и, во-вторых, цвет пиропа обусловлен не только и не столько железом, сколько хромом. Эти особенности крайне важны как для поисков пиропа, так и для его оценки как ювелирного материала.

Тот факт, что пироповый гранат формируется в условиях высокого

в. Альмандин

Альмандин является конечным членом изоморфного ряда и представляет собой железисто-алюминиевый гранат с формулой $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, но состав его сильно варьирует, и, как уже отмечалось выше, невозможно провести точную границу между ним и пиропом. Цвет альмандина малиновый и фиолетово- или сизо-красный (цветное фото VI), но с увеличением содержания железа он становится коричневым, черным, непрозрачным и непригодным для обычных ювелирных целей. Его название — искаженное слово «алабандин», по местности Алабанда в Малой Азии, где во времена Плиния обрабатывали и продавали наиболее красивые камни. Иногда альмандин называли сириамским (или, неправильно, сирийским) гранатом, потому что такие камни обрабатывали и продавали в Сириаме, бывшем некогда столицей древнего королевства Пегу, которое сейчас является частью Нижней Бирмы. Малиновые камни, ограненные в форме кабошона, прежде широко применялись для отделки металлических изделий, а в середине прошлого века были популярны как украшения. Сейчас мода на них возвратилась. Такие камни заслуженно назывались карбункулами — от латинского carbunculus (искорка). Во времена Плиния это слово имело, однако, значительно более широкое значение и им без разбора называли все малиново-красные камни:

«Первое место среди этих камней занимает карбункул, называемый так потому, что он напоминает огонь, хотя в действительности он не поддается воздействию огня; поэтому некоторые люди называют эти камни несгораемыми.»

Показатели преломления и плотность камней, относимых к альмандинам, превышают верхний предел этих констант для пиропов. Однако начальные члены ряда с показателями преломления 1,75—

давления, определяет его распространение в природе. Как и алмаз, пироп приурочен к самым глубинным породам земной коры, которыми, видимо, являются кимберлиты. Выше уже отмечалось, что первая алмазоносная кимберлитовая трубка в Якутии была найдена путем прослеживания ореола распространения пиропа в речном аллювии. Пироп является постоянным спутником алмаза, и не случайно он добывается параллельно с алмазом. В тексте упоминалось, что добыча пиропов («капских рубинов») в Южной Африке практически свела на нет добычу ювелирного пиропа в Чехословакии.

Необходимо остановиться на месторождениях пиропа Чехословакии. В последние годы эти месторождения были детально изучены, причем оказалось, что они, так же как и везде, приурочены к кимберлитовой трубке, к сожалению, однако, не алмазоносной.

Тот факт, что цвет пиропа определяется хромом, подчеркивается большим сходством цвета пиропа с цветом рубина, а это в свою очередь указывает на связь пиропа с ультраосновными породами и на его глубинность.

Цвет пиропа очень красив и, видимо, только по традиции автор настоящей сводки относится к нему не очень положительно.— *Прим. ред.*

1,78 и плотностью 3,80 — 3,95 намечают существование промежуточных членов изоморфного ряда пиропа — альмандина, для которых предложено название «пирандин». Наибольшие величины указанных констант для драгоценного альмандина равны приблизительно 1,81 и 4,20, однако плотность черных непрозрачных камней может достигать 4,25. Альмандин является одной из наиболее твердых разновидностей граната; его твердость равна $7^1/_2$ по шкале Мооса. Дисперсия умеренная — 0,024.

Наиболее интересным оптическим свойством альмандина является его характерный спектр поглощения, наблюдаемый в проходящем свете в спектроскоп. Впервые это явление было описано сэром Артуром Черчем в 1866 г. Наиболее ярко его обнаруживает фиолетовый альмандин, и оно является причиной той особой окраски, которая возникает в результате смешения красного и синего света. Главные полосы поглощения соответствуют длинам волн 5760, 5270, 5050 Å в зеленой части спектра и 4620 Å в синей его части.

Альмандины хорошего качества стоят дороже пиропов. От других красных камней альмандин можно отличить по характерному спектру поглощения, а от рубина, с которым его можно иногда спутать, также по отсутствию дихроизма. Подтверждающим доказательством может служить высокий показатель преломления альмандина, который иногда выходит за пределы возможностей измерения на многих рефрактометрах.

Хотя альмандин — достаточно распространенный минерал, ювелирные камни встречаются редко. Он открыт в содержащих самоцветы галечниках Цейлона, хотя и не в таких больших количествах, как гроссуляр. Эти альмандины неправильно назывались цейлонскими рубинами или канди-шпинелью, потому что цветом они напоминают рубин и шпинель. Альмандин найден также в кристаллических роговообманковых сланцах близ Тринкомали на северо-восточном побережье Цейлона. Хорошие камни добывались в различных частях Индии, в частности из слюдяных сланцев в Джайпуре и Кишангархе, а также в Раджпутане; почти все эти камни обрабатывались в Дели или в Джайпуре. Бразилия поставляла хороший материал, особенно из района Минас-Новас в шт. Минас-Жерайс, из района Рио-де-Жанейро, а также из монацитовых песков, распространенных вдоль морского побережья. Альмандин встречается на Мадагаскаре, в Австралии, Уругвае и во многих районах США; хорошие звездчатые альмандины найдены в ряде мест в шт. Айдахо. Часть материала, поставляемого Танганьикой, является альмандинами, а не пиропами. Альмандины найдены в долине реки Циллер в Тироле [1].

[1] В дополнение к сведениям, сообщенным выше, следует указать, что альмандин является весьма распространенным гранатом, образующимся в

г. Спессартин

Если бы ювелирные спессартины встречались в достаточном количестве, их розово-красный цвет обеспечил бы им широкое использование в ювелирном деле. Название «спессартин» употребляется для обозначения марганцевого алюмосиликата с формулой $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$, но почти во всех спессартинах часть марганца замещена двухвалентным железом, а часть алюминия — трехвалентным железом. Название «спессартин» происходит от названия местности, где он был найден,— плато Шпессарт, расположенного на северо-западе Баварии. Иногда вместо названия «спессартин» употребляется слово «спессартит», но термин «спессартин» предпочтительнее, так как «спессартит» — признанное название одной из разновидностей изверженных горных пород.

Цвет спессартина обычно кроваво-красный или коричневато-красный, но может быть также желтым или оранжево-коричневым. Он зависит, по-видимому, от содержания марганца и изменяется под воздействием солнечного света. Показатель преломления и плотность спессартина высоки и варьируют от 1,79 до 1,81 и от 4,12 до 4,20 соответственно. Твердость его слегка превышает твердость кварца и равна $7^1/_4$ по шкале Мооса.

Хорошие ювелирные спессартины очень редки и не поступают регулярно на рынок. Красивый камень, хранящийся в коллекции Британского музея естественной истории и упоминавшийся в начале этой главы, является исключением. Другая ограненная часть этого кристалла, как говорят, находится в коллекции в СССР. Красивый спессартин весом 12,01 метрического карата, в котором часть марганца замещена железом, находится в Геологическом музее в Лондоне.

Спессартин, несколько напоминающий некоторые гроссуляры, найден в содержащих самоцветы галечниках на Цейлоне, в известняках и аллювиальных галечниках в шт. Минас-Жерайс в Бразилии, в Амелиа-Корт-Хауз в шт. Виргиния и в Рамоне в ок-

---

кристаллических сланцах, представляющих собой продукт изменения глинистых пород в условиях довольно больших давлений и температур — в условиях так называемой амфиболитовой фации глубинности. Выделяют даже специальную альмандиновую подфацию, где альмандин особенно обилен. Сейчас крайне трудно дать количественную характеристику условий образования альмандина; наиболее вероятно, что здесь существуют давления порядка 5—10 тыс. атм и температуры 400—600°С. Альмандин в сланцах обычно сильно загрязнен включениями, а его кристаллы весьма несовершенны, поскольку их рост шел в твердой среде при колеблющихся условиях.

Редкость драгоценных альмандинов связана именно с тем, что для образования совершенных кристаллов нужны необычные условия. Не случайно и то, что наилучшие драгоценные альмандины встречаются в аллювиальных отложениях; только совершенные кристаллы могут выдержать процессы выветривания, перемыв материнских пород и дальнейший перенос с отложением в современных россыпях.— *Прим. ред.*

руге Сан-Диего в Калифорнии в США, а также на месторождении Брокен-Хилл в Новом Южном Уэльсе в Австралии. Желтовато-оранжевые кристаллы встречаются в пегматитах на Мадагаскаре. Недавно в районе Голканда в Бразилии найдены оранжево-красные кристаллы.

д. Андрадит

Некогда с презрением отвергнутый как обычный гранат, андрадит занял место в ряду выдающихся драгоценных камней с открытием его великолепной разновидности, которой было дано имя «демантоид». Лучшие его кристаллы имеют изумрудно-зеленый цвет, который, однако, может изменяться до фисташкового и оливково-зеленого. Без сомнения, такой цвет минерала обусловлен присутствием хрома. Ниже приведены термины, которые время от времени предлагали для его обозначения ювелиры, занимающиеся торговлей драгоценными камнями, и которые никогда не следует употреблять, так как они неправильны и употреблять их — значит просто вводить публику в заблуждение: «урал» или «уральский изумруд», «оливин» или «уральский оливин», «уральский» или «сибирский хризолит». Равно неудовлетворителен и термин «оливин-гранат», который, по-видимому, принят среди торговцев драгоценностями; этот термин создает впечатление, что такой камень является минералом, промежуточным между гранатом и оливином. Следует со всей решительностью подчеркнуть, что название «оливин» используется в минералогии на протяжении более ста лет для обозначения магнезиально-железистого силиката, являющегося важной составной частью основных изверженных горных пород и совершенно отличного от граната; драгоценный оливин носит название «хризолит». Название «демантоид» происходит от голландского слова demant (алмаз), к которому было добавлено соответствующее окончание. Хотя такое название можно оспаривать, полагая, что оно непригодно, поскольку данный камень не имеет ничего общего с алмазом, все-таки его алмазный блеск и сильная дисперсия вполне оправдывают это наименование. Действительно, даже самый неискушенный человек едва ли будет введен этим названием в заблуждение. Топазолит — желтая разновидность, названная так потому, что она цветом напоминает желтый топаз. Это название признано минералогами, но было бы предпочтительнее не употреблять его в номенклатуре драгоценных камней. Меланит (от греческого слова μέλας — черный) — черный андрадит.

В узком смысле слова андрадит — это кальциево-железистый силикат с формулой $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$, но обычно состав его сильно варьирует. Например, часть кальция может замещаться магнием или марганцем, а трехвалентное железо — алюминием.

Показатель преломления демантоида большой — 1,888—1,889, и поэтому бриллиантовая огранка этих камней дает хорошие результаты, особенно потому, что они изо всех драгоценных камней имеют почти самую большую дисперсию для интервала $B - G$, равную 0,057. Плотность демантоида также велика и меняется от 3,82 до 3,85. Для андрадитов она может достигать 3,90. К сожалению, андрадит — наиболее мягкий из гранатов. Его твердость всего лишь 6½ по шкале Мооса. Из-за своей сравнительной мягкости демантоиды используются лишь для изготовления подвесок и ожерелий, в которых вероятность повреждения камней мала. Желтая разновидность андрадита была бы эффектным самоцветом, но она никогда не встречается в виде достаточно крупных и чистых кристаллов. Кристаллы демантоида показаны на цветном фото VI.

Демантоид является наиболее ценным из гранатов. От других зеленых драгоценных камней его легко отличить по высокому показателю преломления, отсутствию двупреломления и сильной дисперсии.

Демантоиды найдены лишь на Урале, причем наилучшие экземпляры происходят из Сысертского района, где они встречаются в серпентинитах на речке Бобровка, притоке реки Чусовой [1]. Небольшие красивые кристаллы желтого андрадита найдены в долине Ала в Италии и в Церматте в Швейцарии, но они очень малы и непригодны для ювелирных изделий.

е. Уваровит

Очень красивая зеленая разновидность граната, известная под названием «уваровит», представляет собой кальциево-хромовый силикат с формулой $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$, но часть хрома в нем всегда замещена алюминием. Он назван в честь графа С. С. Уварова, президента Санкт-Петербургской Академии наук. Яркий цвет уваровита, без сомнения, связан с присутствием хрома. Этот минерал

[1] Добыча демантоида велась в россыпях в двух районах Урала; во-первых, в окрестностях Полдневского завода, который прекрасно описан в сказах П. П. Бажова, и, во-вторых, в окрестностях Нижнего Тагила. По иронии судьбы в обоих случаях речки, в отложениях которых встречался демантоид, называются Бобровками. После революции добыча демантоида на Урале не производилась. Коренные месторождения демантоида уверенно не наблюдались. Однако есть данные, что в обоих случаях демантоид встречается в жилках совместно с хризотил-асбестом, который иногда включен в демантоид. Окраска демантоида связана с содержанием в минерале хрома и, видимо, сильно зависит от содержания этого элемента во вмещающих породах. В хорошо окрашенных кристаллах содержится до 0,29% Cr_2O_3 (*А. И. Александров.* Демантоид — хромсодержащий андрадит из Елизаветинской Бобровки (Средний Урал). Тр. Свердл. горн. инст., 1975, вып. 106, с. 140—145).— *Прим. ред.*

довольно твердый — твердость 7½ по шкале Мооса, но в ювелирном деле он не применяется, так как никогда не дает достаточно крупных кристаллов, которые можно было бы огранить. Показатель преломления уваровита высок — 1,87, в то время как плотность относительно низкая — около 3,77. В отличие от родственных разновидностей гранатов уваровит не плавится в пламени обычной паяльной трубки.

Уваровит впервые был обнаружен на Урале, а позднее встречен и в других частях мира, в частности в Пиренеях, в Гималаях и в Силезии [1].

[1] Уваровит часто образует корочки мелких кристаллов на поверхности хромита. Такие корочки, обладая прекрасным зеленым цветом, хорошо играют на свету (в отличие от более обычных сплошных налетов) и иногда используются любителями камня в поделках — брошах, кольцах, браслетах.— *Прим. ред.*

27

Турмалин

Турмалин превосходит все другие драгоценные камни, даже корунд, по разнообразию окрасок и высоко ценится ювелирами, в частности благодаря своему исключительному обилию, особенно в Калифорнии и в Бразилии. Турмалин относительно мягок и поэтому не применяется при изготовлении колец, но он удивительно подходит для таких ювелирных изделий, как подвески, серьги и броши, в которых камни не так легко изнашиваются.

Красивый розово-красный или розовый рубеллит является наиболее известной разновидностью из тех, которым было дано собственное наименование. Ахроит — бесцветный турмалин, который встречается очень редко. Индиколит, или индиголит, и сиберит — индигово-синяя и фиолетово-красная разновидности соответственно. Шерл — черный непрозрачный материал. Возможно, в целях большей ясности от всех этих названий следовало бы отказаться и ограничиться прямым описанием, как, например, розовый турмалин, синий турмалин и т. д. Некоторые термины, предложенные для обозначения турмалина иной окраски, неправильны, вводят в заблуждение и должны быть отброшены: это «бразильский изумруд» (зеленый), «бразильский сапфир» (синий), «бразильский перидот» (желтовато-зеленый) и «цейлонский хризолит» и «цейлонский перидот» (медово-желтый). Изумруд, сапфир и перидот являются разновидностями берилла, корунда и оливина; «хризолит» — другое название оливина. Все эти минералы не имеют ничего общего с турмалином и резко от него отличаются.

Диапазон расцветок турмалина весьма примечателен (цветное фото V), хотя это и не удивительно, если принять во внимание сложность состава этого минерала. Бесцветные камни, называемые ахроитом, редки, но в Калифорнии они встречаются чаще, чем в других месторождениях турмалинов. Ювелирные турмалины содержат мало железа, а их изумительная окраска связана, очевидно, с присутствием щелочных металлов. Например, литий обусловливает, по-видимому, красивую окраску ценного рубеллита, а магний — окраску коричневых камней, имеющих различные оттенки. Турмалины могут обладать также различными оттенками зеленого, синего и желтого цветов. Содержащие много железа турмалины — черные и непрозрачные или почти непрозрачные камни. Поразительная особенность турмалина заключается в том, что его кри-

сталлы редко бывают однородно окрашенными. Обычно отдельные части кристаллов имеют различную окраску, часто контрастную, а границы между такими разноокрашенными частями резкие. Иногда такие части отделены плоскостями, перпендикулярными длинной оси кристалла (т. е. главной кристаллографической оси), иногда это цилиндрические или почти цилиндрические зоны, оси которых параллельны удлинению кристалла. В последнем случае в разрезе кристалла, перпендикулярном удлинению, видны зоны по крайней мере трех различных контрастных цветов. Ядро обычно красное, следующая зона — белая и наружная зона — зеленая. Такие зональные кристаллы турмалина иногда называют арбузным турмалином. Можно найти турмалины самой различной окраски, за исключением изумрудно-зеленых и сапфирово-синих. Кристаллы турмалина показаны на цветном фото V.

Название минерала «турмалин» происходит от сингалезского слова turmali. Его впервые употребили, когда партия этих драгоценных камней была доставлена в Амстердам с Цейлона в 1703 г. Однако на самом Цейлоне местные ювелиры употребляют это слово для обозначения желтых цирконов, отчасти похожих на турмалин и встречающихся совместно с ним. Название «ахроит» происходит от греческого слова «ἄχροος (без цвета), так как эта разновидность лишена окраски. Обычно о белых камнях говорят как о «бесцветных», хотя логически правильнее было бы называть их «полноцветными», поскольку такие камни пропускают без ослабления или по крайней мере с равномерным ослаблением весь видимый спектр. При таком подходе «бесцветными» следовало бы называть черные камни.

Название «шерл» (англ. schorl) произошло от старого немецкого горняцкого термина schörl, который употреблялся с соответствующим поясняющим словом для обозначения главных минералов, встречающихся совместно с рудными минералами. Так, белым шерлом называли альбит, синим шерлом — гаюин, красным шерлом — рутил и фиолетовым шерлом — аксинит. Первоначально минералогический термин «шерл» прилагался к роговой обманке и к черному турмалину, но в конце концов закрепился за последним. Зеленые турмалины из Бразилии, которые попали в Европу в XVII в., называли тогда бразильскими изумрудами. В те времена, когда ничего не знали о химическом составе минералов, существовала тенденция группировать камни в соответствии с их цветом и добавлять к названию, если требовалось, приставку, указывающую на местонахождение. Попытки сохранить такие неправильные и сбивающие с толку названия в настоящее время нельзя извинить. Фиолетово-красные турмалины из Сибири называли сибиритами, но необходимости в таком названии нет.

По химическому составу турмалин представляет собой исключительно сложный боросиликат с общей формулой $NaR_3Al_6B_3$

$Si_6O_{27}(OH)_4$. Выделяются три крайних члена: дравит, у которого R — преимущественно Mg; эльбаит (R — Li+Al) и шерл (R — Fe^{2+}). Другие ионы, например K, Ca, Mn, Fe^{3+}, Cr, V и F, усложняют химический состав. Дравит и шерл, эльбаит и шерл образуют почти полные серии твердых растворов друг с другом, давая начало двум четко выраженным рядам, в то время как дравит и эльбаит образуют лишь ограниченный твердый раствор. В общем можно ожидать, что глубина окраски минерала в каждом из рядов связана с содержанием шерловой составляющей. Наиболее красивый драгоценный материал, такой, как рубеллит, принадлежит к ряду эльбаита; дравит имеет обычно коричневую окраску, а наиболее распространенный турмалин имеет черную окраску, непрозрачный и богат шерловой составляющей.

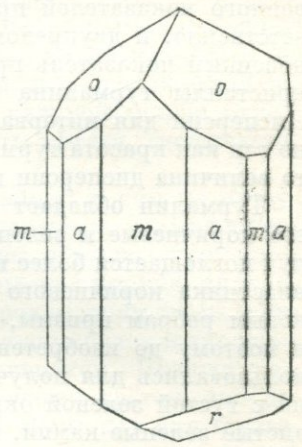


Рис. 126. Кристалл турмалина. Грани: $a\{11\bar{2}0\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $o\{02\bar{2}1\}$.

Для кристаллографа турмалин представляет один из наиболее интересных минералов. Он кристаллизуется в дитригонально-пирамидальном классе тригональной сингонии, и концы его кристаллов имеют различный характер. Если оба конца кристалла хорошо сформированы, они часто отчетливо различны (рис. 126), что указывает на направленный характер атомной структуры, т. е. на полярность; это подтверждается и другими физическими свойствами. Кристаллы обычно имеют призматическую форму, причем грани призмы покрыты штриховкой; сечение, перпендикулярное боковым ребрам призмы, как правило, имеет трехугольную форму (цветное фото V)[1].

В соответствии с кристаллической симметрией кристаллы турмалина обладают двупреломлением и одноосны; оптическая ось располагается параллельно боковым ребрам призмы. Поскольку химический состав сильно меняется от камня к камню, следует ожидать и некоторых вариаций физических свойств, но обычно различия в показателях преломления невелики, так как камни, обо-

[1] Турмалин не обладает центром симметрии, а его оптическая ось является полярной осью. С этим связано то, что турмалин является пироэлектриком и прекрасным пьезоэлектриком. В ряде случаев использование турмалина как пьезоэлектрического датчика предпочтительнее, чем кварца. Поэтому большое количество ювелирных кристаллов турмалина используется для изготовления пьезоэлектрических пластинок, что, конечно, сильно увеличивает требования на хорошие образцы этого минерала. Синтетические турмалиновые кристаллы пока не получены.— *Прим. ред.*

гащенные железом, которые должны были бы обладать высоким преломлением, слишком темные и не используются в качестве драгоценных камней-самоцветов. Величины необыкновенного и обыкновенного показателей преломления колеблются от 1,620 до 1,628 и от 1,636 до 1,644 соответственно; двупреломление варьирует от 0,014 до 0,021, причем низкие значения встречаются исключительно редко. Обычно двупреломление равно 0,019 для зеленых камней и 0,017 или 0,018 для более бледных. Иногда можно встретить темные камни с величинами необыкновенного и обыкновенного показателей преломления, равными 1,627 и 1,657 соответственно, и двупреломлением, равным 0,030. Поскольку обыкновенный показатель преломления больше, чем необыкновенный, кристаллы турмалина имеют отрицательный оптический знак. Дисперсия для интервала $B - G$ невелика и равна лишь 0,017, но так как красота турмалина зависит от его собственной окраски, то величина дисперсии не играет существенной роли.

Турмалин обладает ярко выраженным дихроизмом, особенно его коричневые и зеленые разновидности, причем обыкновенный луч поглощается более или менее полно без изменения цвета. Так, пластинка коричневого турмалина, вырезанная параллельно боковым ребрам призмы, пропускает только необыкновенный луч, и поэтому до изобретения призмы Николя такие пластинки использовались для получения плоскополяризованного света. Камни с густой зеленой окраской также сильно поглощают свет, но чистые зеленые камни, полученные в результате термической обработки, практически не обладают дихроизмом. Дихроизм наиболее существен для выбора правильных направлений при огранке турмалинов. Если камень имеет не очень светлую окраску, он должен быть ограничен таким образом, чтобы площадка располагалась под прямым углом к оптической оси кристалла, т. е. перпендикулярно боковым ребрам призмы, потому что в противном случае из камня будет выходить мало света и он будет казаться тусклым и безжизненным.

Турмалин обладает стеклянным блеском. Ювелирный материал должен быть чистым и прозрачным, но допускается постепенное или даже резкое изменение окраски в пределах одного камня. Иногда турмалин отчетливо волокнист, и такие камни, ограненные соответствующим образом, обладают переливчатой окраской. Турмалин не флюоресцирует при облучении ультрафиолетовым светом. По своим пироэлектрическим свойствам он превосходит все другие драгоценные камни; он сильно электризуется также при трении о ткань. Хотя это свойство и не имеет диагностического значения при определении граненых камней, оно представляет значительный научный интерес, так как свидетельствует об особой симметрии в расположении атомов. Турмалин обнаруживает также пьезоэлектрические свойства.

Плотность турмалинов различной окраски варьирует в сравнительно узких пределах. Эти пределы следующие: красные — от 3,01 до 3,06 (розовые камни обладают меньшей плотностью); зеленые — от 3,04 до 3,11; коричневые — от 3,04 до 3,10; желтые (необычный цвет) 3,10; синие — от 3,05 до 3,11; черные (такие камни почти непрозрачны) — от 3,11 до 3,20.

Твердость турмалина колеблется от 7 до 7½ по шкале Мооса, т. е. такая же, как у кварца. Поэтому турмалин истирается только в том случае, когда он при носке подвергается более или менее постоянному трению, как, например, в кольцах.

Огранка турмалинов, как и у всех цветных камней, обычно бриллиантовая сверху и ступенчатая снизу, но практикуется и ступенчатая огранка верха. Для серег предпочитают каплевидную форму огранки. Камни с волокнистой структурой можно огранить в форме кабошона, так чтобы выявить эффект «кошачьего глаза».

Турмалин легко отличить от других сходных с ним по цвету драгоценных камней. Даже его наивысшая плотность меньше плотности чистого иодистого метилена, и, таким образом, турмалин плавает в нем, в то время как такие минералы, как корунд, циркон и гранат, тонут. Диапазоны показателей преломления турмалина и топаза перекрываются, но более высокое двупреломление первого является четким диагностическим признаком. Вращая камень на рефрактометре при освещении дневным светом, можно четко выделить две окрашенные каймы, в то время как для топаза удается получить лишь простую кайму, которая, однако, может изменяться по ширине.

Турмалин встречается в качестве акцессорного минерала в кислых горных породах — в гранитах и особенно в пегматитах, а также в метаморфических породах — кристаллических сланцах и кристаллических известняках. Он часто образуется в результате воздействия на горные породы кислого флюида, поднимающегося из глубин земной коры. Розовая разновидность турмалина обычно ассоциируется с литиевой слюдой — лепидолитом, и группы изящных розовых кристаллов, усеивающие серовато-белую массу лепидолита, относятся к наиболее красивым музейным образцам.

Великолепные кристаллы розового, синего и зеленого турмалина были найдены на Урале, главным образом в районе поселка Липовка, а красивые кристаллы розового турмалина происходят с реки Урульги и из других районов вблизи Нерчинска в Забайкалье.

На Цейлоне найдены небольшие желтые кристаллы, которые оказались настоящим турмалином. Их иногда путали с цирконами, имевшими сходный облик и встречавшимися вместе с ними в галечниках. В настоящее время здесь находят главным образом коричневые, но иногда и желтовато-зеленые турмалины. Именно

последние неправильно называли цейлонским перидотом. Большинство камней, проданных здесь как зеленый турмалин, в действительности являются цирконами. Розовый турмалин найден в разложенных гранитах в Верхней Бирме, а зеленый турмалин известен из Таиланда. Турмалин вместе с сапфиром и слюдой встречается в Кашмире в Индии.

Красивые красные, синие и зеленые кристаллы, зачастую разноцветные, найдены в шт. Минас-Жерайс в Бразилии, в частности на северо-востоке штата. Когда эти зеленые камни впервые попали в Европу, их неправильно назвали бразильскими изумрудами. Следует отметить, что этот термин ныне правильно используется для обозначения изумрудов из Бразилии.

Великолепные самоцветы обнаружены в различных частях США, но главным образом в округе Сан-Диего на юге Калифорнии, где в пегматитовых жилах, расположенных близ Пала и Меса-Гранде, найдено много превосходных прозрачных зеленых, синих, желтых и красных кристаллов, ассоциирующихся с кунцитом и другими литиевыми минералами. Сообщалось о находке здесь двух замечательных синих кристаллов: одного длиной 45 мм и толщиной 42 мм, и другого длиной 56 мм и толщиной 24 мм. Несколько интересных месторождений турмалина известно в шт. Мэн: великолепные розовые и зеленые кристаллы найдены близ Париса и Хиброна, а темно-синие, зеленые и лиловые кристаллы — близ Оберна. Интересно также месторождение Хеддэм в шт. Коннектикут. Здесь в альбитовом карьере, расположенном близ реки Коннектикут, встречены красивые кристаллы, преимущественно зеленые, но также розовые и разноцветные.

На Мадагаскаре часто встречаются чистые кристаллы турмалина, которые по красоте выдерживают сравнение с любыми другими. Они характеризуются разнообразной окраской, в частности они окрашены в различные оттенки зеленого, желтого, красного, темно-синего, фиолетового и коричневого цветов. На этом острове найдена даже довольно редкая бесцветная разновидность — ахроит.

Турмалин отмечен также среди драгоценных камней, добываемых из пегматитов на юго-западе Африки. Здесь встречаются крупные ювелирные кристаллы; цвет их изменяется от синего до зеленого и бледного желтовато-зеленого. Найдены также розовые кристаллы, но они встречаются реже. Зеленый ювелирный турмалин, окрашенный ванадием, найден в Танзании.

Турмалин — сравнительно распространенный минерал и встречается, особенно в виде непрозрачной разности, во многих частях мира, но ювелирный материал дают сравнительно небольшое число месторождений. Кроме вышеописанных, следует упомянуть месторождения Эльбы, где найдены розовые, желтоватые и зеленые камни, часто разноцветные. Иногда эти кристаллы имеют

черный конец, и в этом случае из называют «головой негра»[1]. Бесцветная разновидность — ахроит — впервые была найдена в Швейцарии. Турмалин является одним их многих драгоценных минералов, встречающихся вместе с алмазами в галечниках в Сомабуле в Замбии.

[1] Скорость роста турмалина в направлении вертикальной оси много выше, чем перпендикулярно ей, поэтому слой черного турмалина, наросший на боковые грани, очень тонок и практически не заметен, тогда как слой, наросший на вертикальный «конец», довольно велик и поэтому хорошо виден.— *Прим. ред.*

28

Оливин (хризолит) и сингалит

Красивый бутылочно-зеленый драгоценный камень, который благодаря своему изысканному цвету заслужил у почитателей поэтическое название «вечерний изумруд», высоко ценился любителями камней и украшал многие высокохудожественные ювелирные изделия на протяжении многих лет. Как драгоценный камень он обычно известен под названием «перидот»[1]. Он является драгоценной разновидностью одного из важных минералов, который в науке носит названия «оливин» или «хризолит». Термин «оливин» следует предпочесть, так как название «хризолит» на протяжении веков использовали для обозначения разных минералов, в частности одно время оно считалось синонимом названия «пренит». Кроме того, хризолитом называли желтоватую разновидность хризоберилла. Однако минералоги используют его для обозначения минерала, представляющего собой ряд твердых растворов форстерита и фаялита.

Когда впервые был открыт зеленый уральский гранат демантоид, для него, к сожалению, было предложено название «хризолит», что вызвало путаницу. В настоящее время, в соответствии с международным соглашением ювелиров, название «оливин» применительно к гранату отвергнуто. Термин «восточный хризолит» временами неправомерно прилагался как к желтовато-зеленым сапфирам, так и к желтовато-зеленым хризобериллам. Существуют и другие неправильные названия, а именно «бразильский хризолит» для хризоберилла, «аквамарин-хризолит» для берилла и «саксонский хризолит» для зеленовато-желтого топаза.

Наиболее высокоценимый драгоценный материал обладает чистым бутылочно-зеленым цветом различной густоты. Эта окраска, без сомнения, связана с присутствием закисного железа. Другие оливины, как правило, имеют менее привлекательную оливково-зеленую окраску и поэтому ценятся ниже. Оливин может иметь и другие цвета — желтоватый, коричневый или черный, но такой материал редко бывает достаточно прозрачным, чтобы его можно было использовать в ювелирных целях; более того, некоторые цвета редко радуют глаз. Многие бледно-желтые

---

[1] В русском языке ювелирные разности этого минерала обычно называются хризолитом.— *Прим. ред.*

и темно-коричневые драгоценные камни, которые, как предполагалось, являются обогащенными железом оливинами, оказались другим, недавно описанным новым минералом — (алюмобораТом) сингалитом.

Название «оливин» впервые предложил Вернер для обозначения зеленой разновидности, встреченной в базальтах. Название «хризолит» происходит от греческих слов χρυσός (золотой) и λίθος (камень). Плиний использовал его для обозначения золотисто-желтых камней[1], среди которых, вероятно, были и современный топаз, и цитрин (желтый кварц). Любопытно, что описанный Плинием топаз, представляющий собой зеленый камень, найденный на острове у берегов Аравии, был, вероятно, нашим хризолитом. Слово «перидот» происходит от французского péridot, которое в старофранцузском языке писалось peritot. Происхождение этого последнего слова неясно, и, по-видимому, нет достаточно веских оснований выводить его из арабского слова faridat, что означает «жемчуг» или «драгоценный камень». Форстерит получил свое название в честь минеролога Дж. Форстера, а фаялит назван по одному из Азорских островов — острову Фаял, где впервые был описан этот минерал.

По химическому составу оливин представляет собой магнезиально-железистый силикат с формулой $(Mg, Fe)_2SiO_4$; конечные члены ряда — форстерит Mg_2SiO_4 и фаялит Fe_2SiO_4 — смешиваются в любых пропорциях. Наиболее красивые перидоты близки по составу к форстериту. Конечно, некоторое количество железа присутствует всегда, и именно с ним связан характерный зеленый цвет перидота, но содержание железа невелико и составляет около $^1/_5$ содержания магния. С увеличением содержания железа окраска камней становится бледной желтоватой или коричневатой, а физические константы приобретают более высокие значения.

Оливин кристаллизуется в ромбической сингонии, и его кристаллы, обладающие обычно большим числом граней, имеют призматическую форму и несколько уплощены. Оливин характеризуется двумя взаимно перпендикулярными направлениями спайности по пинакоидам; спайность по одному из этих направлений выражена лучше, чем по другому.

Поскольку оливин относится к ромбической сингонии, он обладает тремя главными показателями преломления и является оптически двуосным. В связи со значительными колебаниями содержания железа величины показателей преломления также значительно варьируют. Наименьший показатель преломления α

[1] «Золотистый цвет дал ему имя «хризолит». В Эфиопии, богатой гиацинтами, добывают также хризолиты — прозрачные камни с золотистым блеском».

для чистого форстерита равен 1,635, а наибольший γ — 1,670; для фаялита α=1,827 и γ=1,879. Пределы изменения показателей преломления для перидота значительно у́же — от 1,645 до 1,653 и от 1,683 до 1,690 для наименьшего и наибольшего показателей преломления соответственно. У форстерита средний показатель преломления близок к наименьшему, и поэтому он оптически положителен, но с увеличением содержания железа средний показатель преломления приближается к наибольшему показателю преломления и большинство оливинов оптически отрицательны. Хотя сфен превосходит оливин по величине двупреломления, все же оливин превосходит в этом отношении все обычные драгоценные камни, за исключением циркона; этот признак достаточно ярко выражен и наблюдается в ограненных камнях по явному удвоению противоположных ребер, если их рассматривать сквозь площадку (рис. 59). В то же время дихроизм у оливина выражен слабо, причем один из цветов лишь слегка более желтоватый, чем другой, но это явление более четко прослеживается у оливково-зеленых камней. Дисперсия невелика и для интервала B — G составляет лишь 0,020. Оливин обладает стеклянным блеском и не флюоресцирует.

Плотность оливинов варьирует в широких пределах — от 3,2 у форстерита до приблизительно 4,4 у фаялита. Плотность перидотов колеблется в меньшей степени — от 3,32 до 3,37 для чистых зеленых камней. Однако плотность коричневых камней может достигать 3,50.

Твердость оливина также изменчива и варьирует от 6 до 7 по шкале Мооса. Драгоценными являются самые мягкие оливины. По этой причине их не следует применять в кольцах, так как полировка граней быстро ухудшается и кристалл может быть поцарапан.

Обычно для перидота применяется ступенчатая огранка, но часто этому камню придают округлую или овальную форму с бриллиантовой огранкой верха.

Красивый ограненный оливин входит в число регалий Российской короны. Он имеет оливково-зеленую окраску и является исключительно чистым, не считая нескольких почти невидимых трещинок внутри, не достигающих поверхности камня. Крупная, слегка выпуклая площадка окружена ступенчатыми гранями. Огранка низа менее обычна и состоит из многочисленных неправильных четырехугольных граней. Камень имеет удлиненную форму с размерами по пояску 5,2×3,5 см и высотой 1,05 см. Вес камня 192,75 метрического карата. В прошлом он был заключен в красивую оправу вместе с тридцатью бриллиантами. Этот великолепный оливин ныне находится в Алмазном фонде в Москве. Камень весом 146 каратов экспонируется в Геологическом музее в Лондоне; он изображен на цветном фото VII.

Оливин легко определить по его показателям преломления, поскольку его высокое двупреломление (около 0,037) отличает этот минерал от других драгоценных камней, обладающих приблизительно такой же преломляющей способностью. Если оптические исследования провести не удается, оливин можно отличить от хризоберилла — единственного драгоценного камня, с которым его можно спутать,— по низкой плотности. Интересно отметить, что в некоторых местах, например на Цейлоне, обычное бутылочное стекло бросают в реки с целью извлечь впоследствии окатанные обломки и выдать их за перидот.

Оливин играет необычайно важную роль, входя в состав различных изверженных горных пород. Он является преобладающим компонентом таких горных пород, как перидотиты, а одна из пород — дуниты — является почти чисто оливиновой. Оливин встречается также в основных горных породах — габбро, базальтах и долеритах. Кроме того, он является главной составной частью каменных метеоритов. За исключением базальтов, оливин присутствует в горных породах в виде неправильных зерен и редко — в виде хорошо сформированных кристаллов.

Достаточно крупный и прозрачный ювелирный перидот добывался главным образом на острове Зебиргет, или Зебергед (Сент-Джонс), в западной части Красного моря, приблизительно в 80 км от египетского порта Береника. По всей вероятности, это тот самый остров, на котором, по свидетельству Плиния, добывали минерал зеленого цвета, названный Плинием топазом. Великолепные, хорошо сформированные кристаллы густой зеленой окраски и изумительной чистоты были добыты из метаморфизованных перидотитов, преобразованных в серпентиниты. Некоторые из них достаточно велики и весят после огранки от 20 до 30 и даже до 80 каратов. Найден также оливин, весивший в необработанном виде 190 каратов.

Известны и другие месторождения перидота, хотя ни одно из них не является достаточно крупным для того, чтобы служить объектом разработки. Изящные светло-зеленые кристаллы найдены в Тувумбе в Квинсленде в Австралии, похожие кристаллы обнаружены в долине Бернардино близ Могока в Верхней Бирме, неподалеку от рубиновых копей. Светло-зеленые кристаллы встречены также в Алмекловдалене (Сёндмор, Норвегия). Поскольку алмазоносная синяя земля на южноафриканских рудниках представляет собой породу, сходную с перидотитами, не удивительно, что перидот является одним из минералов, сопутствующих заключенным в ней алмазам. К сожалению, он не встречается в виде достаточно крупных кристаллов. Кристаллы перидота ассоциируются с другими драгоценными камнями, добываемыми в изобилующем самоцветами бразильском штате Минас-Жерайс. В США пе-

ридот найден в виде агрегатов в базальтах в округе Гила в шт. Аризона. Он известен в Конго, а также на пляжах Гавайских островов.

Сингалит

На протяжении ряда лет, до 1952 г., в сознании многих специалистов по драгоценным камням зрело подозрение, что ряд ограненных коричневых самоцветов, описанных как богатые железом оливины, определены неправильно. Андерсон и Пейн нашли, что эти камни имеют очень бледный цвет, не соответствующий высокому содержанию в них железа, и что показатель преломления β не совпадает с β оливина. Д-р Швитцер, исследуя образец, хранившийся в Национальном музее США в Вашингтоне, определил, что его дебаеграмма отличается от дебаеграммы оливина, и пришел к выводу, что этот минерал представляет, вероятно, новый минеральный вид. Д-р Фошаг в 1951 г. обратил внимание на сходный коричневый камень, экспонировавшийся как оливин в Галерее минералов Британского музея естественной истории. Дальнейшие исследования, проведенные Кларингбулом и Хеем[1], показали, что большинство этих вызывавших сомнения камней действительно являются новым минералом, состав которого отвечает формуле $MgAlBO_4$. Поскольку местонахождение было известно лишь для одного образца с Цейлона, новый минерал получил название «сингалит» — от слова Sinhala, санскритского названия Цейлона. В 1955 г. мелкие кристаллы сингалита нашли in situ в образцах контактово-метаморфизованных известняков из округа Уоррен в шт. Нью-Йорк, что подтвердило предполагаемый парагенезис цейлонского материала. Сообщают о находке единичного, хорошо сформированного кристалла в Могоке в Бирме в 1958 г.

Подобно оливину, сингалит кристаллизуется в ромбической сингонии. О морфологии его кристаллов ничего не известно, поскольку все имеющиеся образцы представляют собой ограненные камни (за исключением мелких кристаллов, упомянутых выше). Величина наименьшего показателя преломления колеблется от 1,665 до 1,676, а величина наибольшего показателя преломления — от 1,705 до 1,712; двупреломление изменяется от 0,036 до 0,038. Эти величины хорошо соответствуют показателям преломления оливина с содержанием около 20% фаялита. Однако в таком оливине показатель преломления β лежит почти точно между α и γ, что соответствует углу оптических осей, равному почти 90°, в то время как у сингалита β почти равен γ, что соответству-

[1] Sinhalite ($MgAlBO_4$), a new mineral, Mineralogical Magazine, 1952, vol. XXIX, p. 841—849.

ет отрицательному углу оптических осей порядка 55°. Это существенным образом отличает новый минерал от оливина. Плеохроизм у темных камней: α — густо-коричневый, β — зеленый, γ — светло-коричневый. Более густая окраска темных камней предположительно обусловлена более высоким содержанием железа, но анализов, подтверждающих это, недостаточно. Различие спектров поглощения сингалита и оливина описано выше. Плотность сингалита (от 3,47 до 3,50) несколько выше, чем плотность зеленого оливина, но, разумеется, полностью находится в пределах величин плотности более железистого оливина. Твердость сингалита не отличается существенно от твердости оливина.

Наиболее крупный из отмеченных до настоящего времени камней весом 158 каратов находится, как утверждают, в коллекции Филлипса в Лос-Анджелесе. Ограненный сингалит показан на цветном фото VII.

29
Циркон

Циркон — драгоценный камень, который до сих пор не занял в мире драгоценностей места, соответствующего его высоким качествам. Такая судьба этого камня, по крайней мере в какой-то мере, объясняется тем, что названия, под которыми он был известен — «циркон», «жаргон» и «гиацинт» (или «джацинт»),— так и не получили широкого распространения. Однако циркон может успешно конкурировать со многими хорошо известными минералами в разнообразии красивых драгоценных камней, которыми он может похвастать. Бесцветные цирконы по благородству блеска и игры соперничают даже с алмазом. Очень красивы травяно-зеленые камни, которые находят применение во многих ювелирных изделиях. Голубовато-зеленые камни являют пример ослепительно-яркой окраски, редко встречаемой у других драгоценных камней. Не лишены великолепия и густо-красные камни, хотя они и несколько мрачноваты, а камни столь красивой золотисто-желтой окраски не дает ни один другой минерал. Цирконы были давно известны на Цейлоне и нередко попадали в руки посещавших этот солнечный остров путешественников, которые по большей части не понимали, с каким камнем они имеют дело; до тех пор пока на рынке не появились голубые камни, этот минерал в целом не привлекал к себе внимания. Цирконы различной окраски показаны на цветном фото VIII вместе с некоторыми неограненными кристаллами.

На протяжении веков для цирконов различной окраски использовались разнообразные названия, но ни одно из них не обладало какими-либо особыми достоинствами, и они были отвергнуты. В прошлом бледные и желтые цирконы называли жаргоном, коричневую разновидность — цирконитом, а красновато-коричневые камни — гиацинтом. Бесцветные цирконы редко встречаются в природе, и те, которые можно обычно видеть, первоначально были желтыми или коричневыми, но утратили окраску в результате термической обработки. Весьма популярные голубые цирконы и некоторые золотисто-желтые камни также получают нагреванием. Кроме бесцветных и голубых камней, наиболее эффектными разновидностями являются травяно-зеленая, золотисто-желтая и красная. Другие обычные цвета цирконов — коричневый, желтовато-зеленый и небесно-голубой (цветное фото VIII).

Название минерала — «циркон» — заимствовано из французского языка, но каково действительное происхождение этого слова, совершенно неясно. Возможно, оно происходит от арабского zarkún (киноварь) или персидского zargún (золотистый цвет). Слово «жаргон» (jargoon, или jargon) имеет такое же происхождение и является, по существу, другой формой слова «циркон». Слово «гиацинт» (или «джацинт») происходит от латинского hyacinthus, которое является транслитерацией греческого слова ὑάκινθος. В греческой мифологии так звали несчастного юношу, и дикий цветок гиацинт, как предполагали, образовался из крови убитого юноши. Это название стали прилагать также к камням, имеющим сходную окраску, среди которых, вероятно, были и синие камни, ныне называемые сапфирами. Плиний сравнивал гиацинт с аметистом, причем сравнение это было явно не в пользу гиацинта:

«От этого камня (аметиста) резко отличается гиацинт, хотя по цвету они и похожи. Наибольшее различие состоит в том, что яркий фиолетовый цвет, который столь блистателен у аметиста, у гиацинта разбавлен».

Время шло, и название «гиацинт» стали использовать для обозначения прозрачных корундов, а затем, когда для обозначения синей и красной разновидностей корунда вошли в употребление термины «сапфир» и «рубин», название «гиацинт» сохранилось за другими разновидностями, из которых наиболее обычной была желтая. В средние века, когда о свойствах минералов почти ничего не знали, название «гиацинт» широко прилагалось ко всем желтым камням, но впоследствии, с ростом знаний, закрепилось за наиболее обычными из них — желтыми цирконами с Цейлона. Кунц использовал для их обозначения причудливое название «звездный свет» (starlight, или starlite).

Следует отметить, что термин «гиацинт» (или «джацинт») неправильно использовался для обозначения других драгоценных камней сходной окраски — корунда («восточный гиацинт») и граната или шпинели («гиацинт»). Вводящими в заблуждение и неправильными являются названия «матура-алмаз» для бесцветного циркона и «сиамский аквамарин» для голубовато-зеленого циркона. Более того, как бесцветная, так и синяя синтетическая шпинель выдавалась за синтетический циркон. Хотя в искусственном получении цирконов были достигнуты значительные успехи, синтез их не приобрел коммерческих масштабов, и неизвестно, приобретет ли он их вообще.

Химический состав циркона сравнительно прост. Циркон является силикатом циркония с формулой $ZrSiO_4$, но он неизменно содержит примесь железа, меди, цинка, кальция, титана, гафния, а также редкоземельных и радиоактивных элементов. Химики долгое время подозревали, что в цирконе содержится неизвестный

элемент, но лишь в 1923 г. из циркония был выделен гафний (от Гафния, старого названия Копенгагена).

Циркон является уникальным среди драгоценных камней, потому что обладает очень широким разбросом величин плотности и светопреломления; они выходят за те пределы, которые можно объяснить различиями в химическом составе или наличием пустот (у экземпляров с низкой плотностью). Хотя об исключительно большом разбросе величин плотности цирконов знали давно, разности этого минерала были определены лишь в начале нынешнего столетия[1]. В некоторых кристаллах ионы циркония, кремния и кислорода имеют упорядоченное и правильное расположение, характерное для кристаллической структуры. Структура такова, что каждый ион циркония окружен восемью ближайшими ионами кислорода, но такое расположение ионов не отличается высокой стабильностью, и во многих кристаллах упорядоченное расположение ионов частично или полностью нарушено. Подобное изменение, совершающееся без изменения химического состава, носит название метамиктного[2] распада. Сейчас установлено, что нарушение первичной кристаллической структуры обусловлено альфа-частицами, испускаемыми радиоактивными элементами, присутствующими в кристалле (некоторое количество тория обычно замещает часть циркония, а весьма характерные спектры поглощения многих цирконов связаны, по-видимому, с присутствием также ионов четырехвалентного урана). Ниже описаны три типа цирконов.

а. Нормальный циркон

Этот тип включает отчетливо тетрагональные кристаллы, такие, как красные кристаллы из Эспали-Сент-Марселя. Кристаллы обычно очень просты по форме, причем наиболее развитыми гранями являются четыре грани призмы и примыкающие к ним четыре грани пирамиды (рис. 127, цветное фото VIII). Иногда вместо граней одной из пирамид или в дополнение к ним присутствуют грани другой пирамиды. Можно отметить, что по форме кристаллов циркон весьма напоминает касситерит (оловянный камень) и рутил. Плотность высокая: она колеблется от 4,65 до 4,71, но наиболее обычны кристаллы со средней величиной плотности 4,68. В связи с тем что циркон относится к тетрагональной синго-

[1] Первым исследователем был Стефанович; результаты его работы описаны в статье Beiträge zur Kenntnis der Mineralien der Zirkongruppe, Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, 1903, vol. 37, p. 247—252.

[2] Термин «метамиктный» впервые предложен в 1893 г. Вальдемаром Кристофером Брёггером. Это слово происходит от греческих слов μετά (среди) и μικτος (смешанный).

нии, он является оптически одноосным. Двупреломление его исключительно высокое и варьирует от 0,058 до 0,059; в этом отношении циркон превосходит все другие драгоценные камни за исключением сфена. Следствием высокого двупреломления является то, что при разглядывании через площадку отчетливо наблюдается раздваивание противоположных ребер. Величина обыкновенного показателя преломления колеблется от 1,924 до 1,933, а необыкновенного — от 1,983 до 1,992. Поскольку необыкновенный показатель преломления больше, чем обыкновенный, оптический знак кристаллов циркона положительный. При термической обработке циркона физические свойства его не изменяются, за исключением

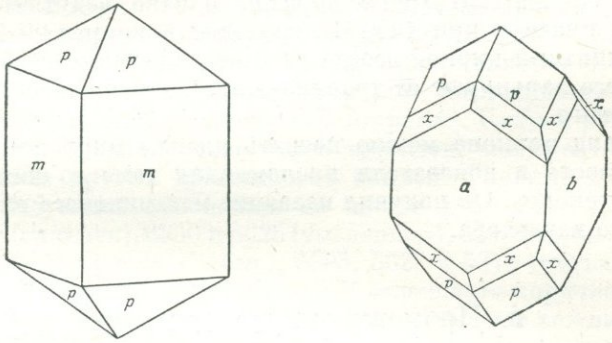


Рис. 127. Кристаллы циркона.

того, что может наблюдаться изменение или полное исчезновение окраски. Нормальный циркон несколько тверже, чем метамиктный (см. ниже); твердость его около $7^1/_4$ по шкале Мооса.

Кристаллы нормального циркона обладают несовершенной спайностью, параллельной граням призмы, и еще более несовершенной спайностью, параллельной граням наиболее обычно встречающейся пирамиды. Самые характерные цвета нормального циркона — медово-желтый, светло-зеленый, синий и красный.

Такой циркон является кристаллическим силикатом циркония и соответствует минералу циркону. Поэтому и уместно называть его нормальным цирконом.

б. Метамиктный циркон

Этот редкий тип циркона был обнаружен на Цейлоне в виде окатанной гальки, не имевшей следов кристаллической формы. Его плотность и показатели преломления низки и колеблются от 3,94 до 4,10 и от 1,78 до 1,84 соответственно. Преломление весьма близко по характеру к простому, но в действительности никогда

не является таковым — всегда наблюдается небольшое двупреломление. Иногда такой циркон является оптически двуосным. Твердость его ниже, чем твердость нормального циркона, и равна 6 по шкале Мооса.

Метамиктный циркон состоит из аморфного кремнезема SiO_2 и аморфной или микрокристаллической окиси циркония ZrO_2. Термическая обработка вызывает у некоторых образцов слабое расширение, так что плотность понижается на 6 единиц, а показатель преломления — на 35 единиц в третьем десятичном знаке. Одновременно изменяется цвет, например от коричневого до зеленого, и увеличивается степень прозрачности. Слабое двупреломление не нарушается. Другие образцы, однако, ведут себя при нагревании иначе и при 1450°С переходят в нормальный циркон.

Метамиктный циркон всегда окрашен в зеленые цвета, причем оттенки его варьируют от травяно-зеленого до грязного коричневато-зеленого.

Этот вид циркона можно назвать низким цирконом, так как его плотность и показатели преломления заметно ниже, чем у других цирконов. Он получил название метамиктного из-за своего аморфного характера.

в. Промежуточные цирконы

Промежуточные цирконы обладают плотностью, соответствующей плотности как нормального, так и метамиктного цирконов, и отличаются от последнего заметным двупреломлением, минимальная величина которого составляет около 0,010. Промежуточные цирконы обычно оптически одноосны, но иногда могут быть и двуосными,— без сомнения, в связи с местными напряжениями внутри кристаллов. Минимальные величины обыкновенного показателя преломления 1,84 и 1,85. Минимальная величина плотности около 4,10, но можно встретить образцы, обладающие величинами плотности, лежащими между этим минимумом и максимумом — плотностью нормального циркона. Постепенными изменениями характеризуется и светопреломление: по мере увеличения плотности возрастают величины показателей преломления и двупреломления, до тех пор пока они не достигнут значений, свойственных нормальному циркону.

Промежуточные цирконы, на какой-бы стадии они ни находились, при нагревании до 1450°С переходят в нормальный циркон.

Камни, относящиеся к промежуточному типу, часто обнаруживают отчетливую зональность или полосчатую структуру. Их преобладающий цвет — зеленый, как и у метамиктного циркона, но ближе к верхнему краю ряда при плотностях, превышающих 4,50, можно наблюдать желтоватые и коричневатые оттенки. Эти

цирконы можно рассматривать как смесь, состоящую частично из кристаллического циркона (нормального) и частично из отдельно существующих окислов (метамиктного); физические свойства таких камней зависят от соотношения в них нормального и метамиктного цирконов.

Промежуточные ювелирные цирконы встречены только на Цейлоне. Камни из других месторождений непригодны для ювелирных изделий.

Циркон обладает большой дисперсией (до 0,039 для интервала $B - G$), которая лишь немного меньше, чем дисперсия алмаза. Вследствие этого должным образом ограненные бесцветные камни дают хорошую игру цветов. Поскольку и блеск циркона алмазный, то бесцветные цирконы на первый взгляд очень похожи на алмазы.

Примечательной особенностью циркона является то, что он иногда обладает характерным спектром поглощения, который связан, как полагают, с присутствием урана[1]. Будучи развит наиболее полно, он значительно более эффектен, чем спектры поглощения любых других драгоценных камней. Главные полосы занимают следующие положения на шкале длин волн (в ангстремах): 6910 (сильная), 6830 и 6625 (умеренные), 6535 (очень сильная), 6210 и 6150 (умеренно слабые), 5895, 5625 и 5375 (сильные), 5160 (умеренная), 4840 и 4325 (сильные). У зеленовато-коричневых камней из Бирмы наблюдалось до 36 полос. Наиболее важные из них упомянуты выше. Цейлонские камни обнаруживают меньше полос, всего лишь до четырнадцати, которые включают и упомянутые полосы. Наиболее сильная и устойчивая полоса 6535 Å; ее присутствие надежно определяет циркон, что весьма важно, так как показатели преломления циркона весьма высоки и не могут быть измерены на обычных рефрактометрах. Однако следует помнить, что многие цирконы, особенно красные, вообще не дают полос поглощения, и часто даже наиболее сильные из упомянутых выше полос очень слабы и неразличимы или различимы только опытным глазом.

Согласно наблюдениям Черча, который изучал цирконы всю свою жизнь, зеленые и желтоватые камни метамиктного циркона излучают яркий оранжевый свет при трении о медное вращающееся колесо, покрытое алмазной пылью. Золотистые камни светятся красивым оранжевым светом в пламени бунзеновской газовой горелки. Последнее явление, как предполагают, связано с присутствием тория. Циркон всегда хрупок, особенно после термической обработки.

Бесцветные цирконы гранятся главным образом бриллиантовой огранкой (цветное фото VIII). Цветные камни гранят различно

[1] Это явление впервые отмечено сэром Артуром Черчем.

в зависимости от назначения, но наиболее обычна смешанная огранка (бриллиантовая огранка верха и ступенчатая низа).

Циркон используется не только в ювелирном деле, но и в промышленности, главным образом как источник циркония и окиси циркония. Металл цирконий применяют при выплавке стали для удаления окислов и нитридов. Окись циркония находит много применений: как огнеупор для облицовки плавильных печей, как составная часть эмалей и как абразив. Собственно минерал циркон также используется иногда как огнеупорный материал.

Сэр Артур Черч на протяжении многих лет уделял значительную часть своего досуга коллекционированию ограненных камней, причем особое внимание уделял цирконам. Вследствие этого его коллекция, которая ныне хранится в Британском музее естественной истории, содержит великолепные цирконы различных цветов.

Высокое светопреломление циркона не позволяет проводить измерения на обычном рефрактометре. Невозможность определения величины светопреломления на рефрактометре, или, другими словами, тот факт, что светопреломление исследуемого камня лежит за пределами возможностей данного прибора, имеет большое значение, так как исключает из рассмотрения почти все драгоценные камни — алмаз, гранат (альмандин и демантоид) и сфен. Многие цирконы легко определить по их характерным спектрам поглощения. Желтые камни обычно обнаруживают все наиболее сильные линии, что позволяет отличить циркон от сфена и желтого алмаза. Даже в случае бесцветных камней видны узкая полоса 6535 Å и более слабая полоса 6590 Å. Зеленые цирконы всегда обнаруживают характерный спектр, хотя в случае частично метамиктных камней полосы менее четкие, а полностью метамиктный камень может давать лишь размытую полосу 6530 Å в красной области спектра. Однако некоторые красные цирконы вообще не дают спектра поглощения. Гранат альмандин, с которым их можно спутать, обладает характерным спектром поглощения и является изотропным, в то время как красный циркон (обычно нормальный) всегда обладает сильным двупреломлением. Бесцветные цирконы, хотя они и характеризуются алмазным блеском и сильной игрой, легко отличить от алмаза по их низкой твердости, двупреломлению (которое достаточно велико и обусловливает раздвоение противоположных ребер ограненного камня при разглядывании их через площадку) и низкому светопреломлению (что позволяет значительной части света, падающего на площадку камня с бриллиантовой огранкой, ускользать из нижней части). Кроме того, алмаз плавает в жидкости Клеричи. Опытный глаз не спутает зеленый гранат демантоид с цирконом, настолько различны оттенки их окраски. Сомнения можно разрешить, определяя плотность, которая меньше у демантоида.

Циркон далеко не редкий минерал и входит в состав многих изверженных (граниты и спениты) и метаморфических пород, кристаллических известняков и гнейсов. Он весьма устойчив к выветриванию и поэтому сохраняется в галечниках и других отложениях, образующихся при разрушении материнских пород.

Пригодный для ювелирных целей материал встречается лишь в немногих местах, из которых наиболее важным является Цейлон. Здесь, в богатых самоцветами галечниках, найдены цирконы практически всех возможных для этого драгоценного камня окрасок, включая красновато-коричневые, желтые и зеленые различных оттенков. Хотя большинство бесцветных цирконов получают в результате их термической обработки, иногда они встречаются и в природе в районе близ Матары (Маттураи) на самом юге острова. Все бесцветные цирконы известны здесь под местным (неправильным) названием «матура-алмазы», или «матара-алмазы». Термин «гиацинт» также употребляется здесь неправильно, так как им обозначают красноватые гранаты, встречающиеся в тех же галечниках, что и цирконы. Многие цейлонские цирконы относятся к метамиктному и промежуточному типам. Ювелирные цирконы находят в районе Могока в Бирме, в Таиланде, Кампучии и на юге Вьетнама.

Циркон стал известен широкой публике благодаря красивым голубым камням. Как уже отмечалось выше, цирконы такого цвета в природе не встречаются; этот цвет получают в результате термической обработки некоторых кристаллов. Действительно, все голубые, золотисто-желтые и бесцветные цирконы, столь популярные ныне, приобрели свою окраску благодаря термической обработке красновато-коричневых камней из Кампучии. Обычно циркон приобретает голубую окраску или становится бесцветным при нагревании в восстановительном пламени, т. е. при недостатке воздуха и неполном сгорании; при нагревании на воздухе циркон становится бесцветным или золотисто-желтым. К сожалению, эти популярные камни с течением времени обесцвечиваются, особенно голубые. Бесцветные и, по-видимому, золотисто-желтые камни более устойчивы. Следует иметь в виду, что поскольку обработка этих камней ведется в Бангкоке в Таиланде, они известны под неправильным названием «сиамские цирконы» или, еще хуже, «сиамские аквамарины» (для голубых камней).

Хорошо ограненные, хотя и небольшие кристаллы коричневато-красного или темно-красного цвета найдены в Эспали-Сент-Марселе близ Ле-Пюи в департаменте Верхняя Луара во Франции, а похожие кристаллы, имеющие, однако, желтовато-красный цвет, происходят из золотоносных районов Урала. Замечательно красивые красные кристаллы добыты в Маджи в Новом Южном Уэльсе и на Мадагаскаре. Желтовато-коричневые цирконы встречаются совместно с алмазами на южно-африканских рудниках.

30
Хризоберилл

Хризоберилл — драгоценный камень, который некогда пользовался огромной популярностью по причине того, что замутненные камни дают отличный эффект «кошачьего глаза». Его хамелеоноподобная разновидность — александрит также пользуется устойчивым, хотя и ограниченным спросом. Он редко применяется для изготовления обычных ювелирных изделий, хотя по своей высокой твердости вполне пригоден для этих целей.

Термин «кошачий глаз» первоначально применялся для обозначения переливчатых разновидностей хризоберилла, но в настоящее время он прилагается и к другим камням. Волокнистостью, дающей подобный эффект, иногда обладают также кварц и турмалин. Для того чтобы избежать недоразумений, такие камни следует называть «кварцевый кошачий глаз» или «турмалиновый кошачий глаз». Александрит по внешнему облику настолько отличается от других разновидностей хризоберилла, что их принадлежность к одному минералу кажется невероятной. Слабая игра света при обычном дневном освещении и замечательное изменение окраски, наблюдаемое при искусственном освещении, окутывали этот темный камень покровом тайны. Уральские александриты имеют голубовато-зеленую окраску, в то время как камни с Цейлона обладают густым оливково-зеленым цветом. Следует подчеркнуть, что камни, появляющиеся на рынке под названием «искусственный александрит», в действительности являются не хризобериллом, а синтетическим корундом или синтетической шпинелью. Заезжий турист должен быть весьма осмотрительным, покупая александрит в Коломбо. Если он поддастся искушению, то может приобрести очаровательный камень, но по цене, значительно превосходящей ту, по которой такие синтетические камни продаются в Лондоне. «Цимофан» — термин, которым обозначают хризоберилловый «кошачий глаз» из-за обнаруживаемой им опалесценции. Однако предпочтительно называть переливчатые камни во всех случаях особыми названиями. Бледно-зеленые хризобериллы одно время называли хризолитами, но термин «хризолит» принят в минералогии для обозначения разновидности оливина.

Если хризоберилл по составу точно соответствует своей химической формуле, он является чистым и бесцветным. Подобные

примеры известны, но они исключительно редки. Такой хризоберилл не пользуется большим спросом, поскольку умеренное светопреломление и небольшая дисперсия не позволяют ему соперничать с алмазом, цирконом или даже белым сапфиром. Хризоберилл может обладать всеми оттенками зеленого цвета — от бледных желтоватых до коричневатых, а александрит имеет голубовато-зеленую, травяно-зеленую или густую оливково-зеленую окраску (цветное фото VII).

Слово «хризоберилл» происходит от греческих слов χρυσός (золотой) и βήρυλλος (берилл) и больше соответствует внешнему облику светлоокрашенных камней, которые одно время только и были известны. Название «хризолит» происходит от греческих слов χρυσός (золотой) и λίθος (камень) и имеет почти тот же смысл. Первоначально хризобериллом называли, вероятно, разновидность берилла, а название «хризолит» относилось к топазу. Название «цимофан» происходит от греческих слов κῦμα (волна) и φαίνειν (касаться) и относится к опалесцирующему хризоберилловому «кошачьему глазу» (цветное фото III, VII). Александрит получил свое название по имени русского царя Александра II, в день рождения которого этот камень был открыт. Это обстоятельство, а также то, что александрит окрашен в национальные цвета и встречался одно время лишь на Урале, обеспечили ему широкую популярность в царской России.

По составу хризоберилл является бериллиево-алюминиевым окислом с формулой $BeAl_2O_4$. Почти неизменно часть алюминия замещается окисным железом и хромом, а часть бериллия — закисным железом. Иногда присутствует титан. Различные оттенки окраски хризоберилла обусловлены исключительно этими второстепенными примесями. Наиболее обычный бледный желтовато-зеленый хризоберилл обязан своей окраской присутствию железа, а хром обусловливает зеленоватую окраску. Бериллий — довольно редкий элемент. Из других драгоценных камней его содержат берилл (который и дал название элементу) и несколько минералов, которые редко подвергаются огранке, таких, как фенакит, эвклаз, бериллонит и гамбергит.

Химическая формула хризоберилла похожа на химическую формулу шпинели, но в действительности структуры этих двух минералов совершенно различны, что обусловливает различную морфологию их кристаллов и различия других физических свойств. Структура хризоберилла весьма напоминает структуру оливина; подобно оливину, хризоберилл кристаллизуется в ромбической сингонии, образуя притупленные призматические кристаллы (рис. 128, *1*). Случается, что зона, включающая грани *c* {001} и *b* {010}, характеризуется почти гексагональной симметрией: углы (001): (011) и (001): (031) равны соответственно 30°7′ и 60°7′. Грань {031} развивается редко, но очень обычны повторные двойники относи-

тельно нормали к ней, особенно у александрита. В результате возникают звездчатые формы, имитирующие гексагональную симметрию (рис. 128, *2*, цветное фото VII). Заштрихованная грань (100) на рисунке — общая для всех индивидов, составляющих двойник, а пары граней *o*(111) лежат почти в одной плоскости. Тот факт, что такие кристаллы являются сложными двойниками, а не единичными кристаллами, распознается по выемкам, различимым на ребрах псевдошестиугольника.

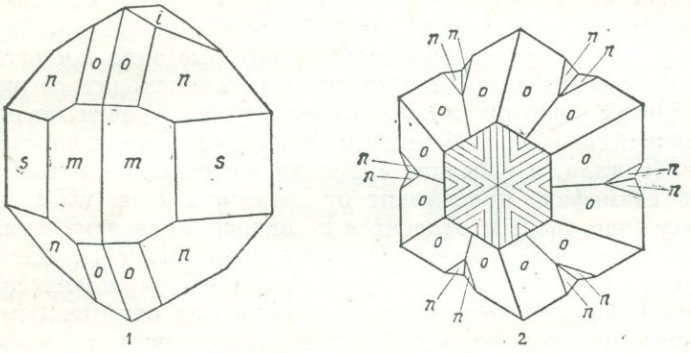


Рис. 128. Кристаллы хризоберилла: *1* — простой, *2* — сдвойникованный.

В соответствии с симметрией хризоберилл оптически двуосный. Наименьший и наибольший показатели преломления колеблются от 1,741 до 1,750 и от 1,749 до 1,759 соответственно. Двупреломление колеблется от 0,008 до 0,009. Средний показатель преломления превышает наименьший лишь на единицу в третьем десятичном знаке; поэтому хризоберилл оптически положительный. Угол оптических осей 2V мал и в сходящемся свете получается хорошая картина. Наименьшие величины показателей преломления имеют бесцветные камни. Бурые камни характеризуются несколько более высоким преломлением, чем желтые. Дисперсия для интервала *B* — *G* мала, всего лишь 0,015. Поэтому хризоберилл не дает игры цветов.

Александрит обладает заметным плеохроизмом. Наименьшему, среднему и наибольшему показателю преломления соответствуют фиолетово-красный, оранжево-желтый и изумрудно-зеленый цвета. Все эти цвета четко различаются, особенно первый и третий, и ни одно явление, связанное с драгоценными камнями, не поражает больше, чем красные и зеленые блики, излучаемые ограненным александритом, когда свет проходит через камень в определенном направлении. Желтые хризобериллы также дихроичны, но в меньшей степени; в них наблюдается лишь некоторое изменение окраски. При наблюдении в спектроскопе видно различие в спектрах

поглощения в направлении наименьшего и наибольшего показателей преломления. Широкая полоса поглощения начинается в зеленой области и простирается далее в красную область для последнего случая, что объясняет причину, по которой этот луч кажется зеленым, а другой — красным. Остальные полосы поглощения почти одинаковы для обоих лучей. Такой спектр связан с присутствием хрома. Желтая и бурая разновидности имеют сильную полосу поглощения 4440 Å в сине-фиолетовой области; у первой разновидности она резче. Эта полоса связана с присутствием окисного железа. Такое различие в спектрах поглощения для разных лучей у александрита охватывает интервал видимого спектра, к которому наш глаз наиболее чувствителен, и, в сущности, испускаемый александритом свет представляет собой смесь красного и зеленого света с отклонением по некоторым направлениям в кристалле к красному. Равновесие это столь тонкое, что камень кажется зеленым при дневном освещении и красноватым при искусственном, для которого характерна большая интенсивность красных лучей. Блеск хризоберилла стеклянный. В некоторых случаях кристаллы хризоберилла содержат многочисленные микроскопические канальцы или волокнистые включения, которые располагаются параллельно кристаллографической оси, соответствующей направлению наименьшего показателя преломления. Когда такой камень обработан в виде кабошона, так что перпендикуляр к округленной поверхности располагается под прямым углом к этим канальцам, становится различимой широкая полоска света, пересекающая искривленный верх камня. Это явление напоминает наблюдателю глаз кошки, и поэтому такие камни называют «кошачьим глазом» (цветное фото II). Поскольку канальцы в хризоберилле обычно полые, возникает опалесценция, которая отсутствует в «кварцевом кошачьем глазе».

Ювелирные разности хризоберилла обнаруживают весьма незначительные вариации плотности — от 3,70 до 3,73. Как и в случае светопреломления, низкое значение 3,70 соответствует почти чистому бесцветному материалу.

По твердости хризоберилл занимает промежуточное положение между корундом и шпинелью (а также топазом); твердость его 8½ по шкале Мооса.

Хризоберилл обладает несколькими направлениями слабой спайности. Появление дефектов при обычном ношении украшений с хризобериллом маловероятно.

«Кошачий глаз» всегда обрабатывается в виде кабошона, но вообще хризобериллу придают ступенчатую или бриллиантовую огранку.

Александрит является наиболее ценной разновидностью хризоберилла. В Британском музее естественной истории, кроме «Хризоберилла Хоупа», который уже был описан выше, хранится другой,

несколько более темный, желтовато-зеленый камень весом 29,35 карата, а также два исключительно красивых александрита с Цейлона весом 43 и 27,5 карата.

В коллекции Хоупа имеется огромный «кошачий глаз» почти полусферической формы диаметром около 37 мм, который обработан таким образом, что дает картину жертвенника, увенчанного факелом.

Бесцветный или желтый хризоберилл можно спутать с белым или желтым сапфиром. Исследованием на рефрактометре позволяет легко их различить. Хризоберилл имеет меньшее светопреломление. Кроме того, тень, соответствующая меньшему показателю преломления, неподвижна в поле зрения прибора при вращении камня, поскольку средний показатель преломления близок к наименьшему, в то время как в случае корунда, имеющего отрицательный оптический знак, различимы две тени, из которых одна всегда неподвижна. Дополнительными признаками, позволяющими отличить хризоберилл, являются его более сильный дихроизм и меньшая плотность.

Хризоберилл и александрит синтезированы из расплава, но этот метод, по-видимому, не дает драгоценного материала. Так называемые синтетические александриты, появляющиеся в продаже, в действительности являются или синтетическими корундами, окрашенными ванадием и обладающими лиловатой окраской, сменяющейся более красной при искусственном освещении, или синтетическими шпинелями, имеющими более густую зеленую окраску.

Практически все благородные хризобериллы извлекаются из аллювиальных отложений. Наиболее важным поставщиком желтоватых хризобериллов длительное время являлся богатый минералами район Минас-Новас в бразильском штате Минас-Жерайс; хризобериллы находили здесь обычно в виде галек вместе с другими драгоценными камнями — топазом, гранатом, турмалином, эвклазом и аметистом. Хризоберилл встречался также в бразильских штатах Сан-Пауло и Эспириту-Санту. Камни обычно малопрозрачны и замутнены. Цейлон превосходит Бразилию по обилию разнообразно окрашенных хризобериллов, которые встречаются в изобилующих драгоценными камнями галечниках, распространенных в южной части острова. Здесь найдены все виды обычных желтых хризобериллов и разновидности «кошачий глаз», но больше всего Цейлон славится характерными темными александритами. Русские александриты имеют более голубоватый оттенок и поэтому, по мнению некоторых ценителей, более привлекательны, но эти камни не такие крупные и не столь чистые. Цейлонские камни могут достигать веса 20 каратов. Русские александриты являются одними из тех драгоценных камней, которые встречаются совместно с изумрудами в копях на реке Токовая в

Уральских горах. Хризоберилл найден в Дрю-Хиле и Голдене в округе Джефферсон в шт. Колородо, в Хаддаме в шт. Коннектикут и Гринфилде в шт. Нью-Йорк в США; алмазоносные галечники известны в Сомабуле в Замбии и на Мадагаскаре. Чистые бесцветные хризобериллы известны в Могоке в Верхней Бирме. «Кошачий глаз» найден близ Тривандрума в Южной Индии.

31
Кварц

Хотя кварц является одним из самых распространенных минералов и его кристаллические формы легко поддаются определению, его никоим образом не следует исключать из разряда драгоценных камней. Нет других минералов, которые имели бы такую изумительную фиолетовую окраску. Желтый кварц может соперничать по красоте с топазом. Сходство их столь велико, что долгое время их путали, и лишь в последние годы составленная авторитетными лицами международная номенклатура запретила использовать термин «топаз» для обозначения желтого кварца. Обычный бесцветный кварц, известный под названием «горный хрусталь», может быть таким блестящим и водяно-прозрачным, что его сверкающие камни иногда называли алмазами, несмотря на почти полное отсутствие в них игры цветов. Такая путаница названий, однако, может ввести в заблуждение лишь совершенно несведущего человека. Кварц превосходно служит во всех тех случаях, когда требуются фиолетовые, желтые или дымчатые камни: он достаточно стоек и тверд, чтобы его можно было носить, и имеет то достоинство, или, по разумению некоторых, недостаток, что цена его умеренная. Несмотря на отсутствие игры, он может заменять пасты в некоторых ювелирных изделиях, поскольку он более стоек. Кварц иногда содержит внутренние волокна и образует очень красивый «кошачий глаз», который, хотя и не обладает столь яркой опалесценцией, как хризоберилловый «кошачий глаз», тем не менее может соперничать с ним. Кварц образует также своеобразную разновидность, известную как «тигровый глаз».

Химически чистый кварц лишен окраски, он водяно-прозрачный. Именно об этой разновидности, когда ее впервые обнаружили в Альпах, думали, что она представляет собой форму замерзшей воды, и поэтому назвали ее хрусталем (crystal; от греческого κρύος — лед). Эта разновидность и поныне известна как «горный хрусталь». Выше уже упоминалось, что такие искрящиеся камни в ограненном виде местами называли алмазами. Так, в Англии использовали термины «корнуэллский алмаз» или «бристольский алмаз»; существует еще множество подобных названий, например «аляскинский алмаз», «арканзасский алмаз», «богемский алмаз». Такие вводящие в заблуждение названия ныне не исполь-

зуются солидными ювелирами, так как, в соответствии с «Актом торговых описаний», являются неправильными.

Впервые название «кварц» (quartz) было применено, по-видимому, горняками из Рудных гор. В прежние времена идентичность материала, названного впоследствии хрусталем, и бесформенных масс кремнезема, выполняющих секущие жилы, не осознавалась, и можно предположить, что последние вначале назывались словом Querkluftertz, которое сократилось до Querertz и наконец до Quartz, или Quarz, в современном немецком языке.

Великолепный фиолетовый или голубовато-фиолетовый цвет аметиста варьирует по густоте, и одно время ювелиры были склонны выделять более густоокрашенные камни под названием «восточный аметист». Это вызвало серьезные возражения, так как термин уже использовался для обозначения фиолетовых сапфиров и менее часто фиолетовой шпинели. Риск путаницы, однако, ныне устранен в связи с изъятием всех терминов, включающих слово «восточный», из номенклатуры драгоценных камней. Поскольку химическими анализами в составе аметиста было установлено присутствие марганца, титана и железа, первоначально предполагалось, что красящим агентом является марганец или, возможно, титан. Но изучение спектров поглощения показало, что таким агентом может быть и железо. Вопрос об окраске аметиста рассматривается ниже при описании причин окраски других разновидностей кварца.

Название «аметист» происходит от греческого слова ἀμέθυστος (непьяный). Впервые его дали этому камню на основании любопытного, но ошибочного верования в то, что носящий этот камень не подвержен опьянению даже при невоздержанности в употреблении крепких напитков. Плиний выдвигает другое объяснение, а именно, что цвет аметиста приближается (но не полностью соответствует) к цвету вина:

«Название, которое носит этот камень, происходит, как говорят, от своеобразной окраски, которая приближается (хотя полностью и не соответствует, так как является фиолетовой) к цвету вина. Или, согласно мнению некоторых более сведущих людей, от того, что фиолетовый цвет этого камня несколько напоминает цвет пламени, однако этот оттенок скорее приближается к цвету вина».

«Цитрин» — правильное название желтой разновидности кварца. Оно происходит от французского слова citron (лимон) и дано этому камню потому, что цветом он напоминает некоторые виды этих плодов. Однако, до тех пор пока не была расшифрована природа минералов, желтый кварц путали с желтым топазом. Хотя настоящий топаз давно выделен как особый минеральный вид, многие ювелиры упорно называли желтый кварц «топазом», а настоящий топаз отличали прибавлением определения «бразиль-

ский»[1]. Путаница, таким образом, только усугубилась, так как и желтый кварц, и желтый топаз в изобилии найдены в Бразилии. Для обозначения желтого кварца были предложены также названия «западный», «испанский» и «ложный топаз», но использование термина «топаз» для обозначения кварца признано ныне незаконным торговым описанием.

Кернгорм (первоначальное и более правильное название — «кернгормский камень») — коричневато- или дымчато-желтый кварц. Он назван так потому, что многие образцы этой разновидности кварца находили раньше в Кернгормских горах в Шотландии. Английское слово cairngorm является слегка измененной формой галльского слова carngorm (синий керн). Его неправильно называли шотландским топазом. Камни с более густой коричневато-дымчатой окраской известны под названием «дымчатый кварц». «Морион» — название, данное дымчато-бурому или черному кварцу.

Розовый кварц, который, как указывает название, имеет розово-красную или розовую окраску, выцветает на сильном солнечном свету. Эта разновидность кварца редко образует ограненные кристаллы и в лучшем случае лишь частично просвечивает, а также в большей или меньшей степени иссечена трещинами. Весьма часто наблюдается астеризм, и создавались дублеты, имитирующие звездчатый сапфир, путем склеивания звездчатого кварца с подложкой из синего материала. Было доказано путем растворения кварца, что астеризм возникает из-за присутствия в нем исключительно мелких иголочек рутила. Они могут быть различным образом ориентированы, вызывая иногда эффект колец света в дополнение к главной звезде.

Молочный кварц почти непрозрачен и напоминает по цвету молоко. Радужный кварц, или ирис,— это кварц, содержащий трещинки. Он получил название из-за цветового эффекта, возникающего при интерференции света, падающего на эти трещинки. Трещины можно получить искусственно, нагревая камень и затем быстро охлаждая его погружением в воду. В таких случаях эффект можно усилить, вводя в трещины красящее вещество.

Окраска кварца ставит интересную и пока еще не полностью решенную проблему. Цвет минералов может быть вызван присутствием элементов-примесей, входящих в структуру либо на места атомов главных элементов, либо в промежутки между ними. Так, цвет аметиста объясняли присутствием марганца, а цвет розового кварца — присутствием марганца или титана. Однако спектрографическое изучение не подтвердило это предположение.

---

[1] На Урале топазом (дымчатым топазом) называют темный кварц, но никогда не путают его с настоящим топазом, который называется здесь тяжеловесом.— *Прим. ред.*

В одной из серии исследований аметиста были обнаружены резкие линии алюминия, хрома и меди и более слабые линии магния и титана. Измерения, проведенные на серии образцов дымчатого кварца и аметиста из ряда японских месторождений, показали, что густота окраски пропорциональна содержанию железа. В сдвойникованных и зональных кристаллах аметиста содержание железа в разных зонах различно. Ныне предполагают, что окраска связана с присутствием железа, однако следует ожидать, что простое присутствие его атомов в структуре в качестве примеси даст оттенки зеленого или желтого цвета. Существует и другой способ возникновения окраски, а именно возникновение центров окраски как дефектов структуры, образующихся под воздействием радиоактивного излучения. В природных окрашенных кристаллах цвет предположительно обусловлен воздействием небольших доз радиоактивного облучения, исходящего от вмещающих горных пород. Давно известно, что окраска кварца неустойчива к воздействию высоких температур, и ее исчезновение можно связать с разрушением центров окраски по мере восстановления первичной структуры.

Тепловое воздействие обычно вызывает ослабление окраски; если оно протекает достаточно долго, а температура достаточно высока, то оно ведет и к полному исчезновению цвета. Так, керн-горм или цитрин теряют окраску при слабом нагревании, аметист — более сильном, а розовый кварц — при красном калении. При более слабом нагревании аметист меняет окраску на густо-оранжевую. Кварц, приобретший желтую окраску при нагревании, отличается от природного желтого цитрина отсутствием дихроизма; цитрин же неизменно характеризуется хотя и слабым, но отчетливым дихроизмом. После того как случайно обнаружили, что некоторые бразильские аметисты под воздействием нагревания могут превращаться в прозрачные зеленые камни, процесс нагревания проводили умышленно и получали материал, продававшийся в Нью-Йорке под названием «празиолит» (неудачный выбор, поскольку термин «празиолит» использовался в минералогии для обозначения продуктов изменения кордиерита). Облучение возвращает цвет обесцвеченному кварцу; при этом новый цвет не обязательно будет таким же, как утраченный. В большинстве случаев такой кварц становится дымчатым или черным, хотя небольшая доля кристаллов приобретает окраску цитрина. При повторном нагревании некоторых камней наблюдается быстро исчезающая голубая окраска. Настоящего аметистового цвета не возникает, хотя имеются сообщения о синтезе аметистов при росте кристаллов кварца в стальных автоклавах.

Иногда кварц кристаллизуется, захватывая и включая ранее образовавшиеся минералы. Он может включать массивный светло-окрашенный волокнистый материал и в таком случае имеет пёре-

ливчатую окраску. Такие камни, обработанные в виде кабошона, обнаруживают красивый эффект «кошачьего глаза». Кварцевый «кошачий глаз», как его следует называть для большей точности, не обладает опалесценцией, свойственной хризоберилловому «кошачьему глазу». Когда включения представлены крокидолитом, разновидностью асбеста, первичный синий цвет которого изменен в результате окисления до красивого золотисто-коричневого, камни получают название «тигрового глаза». Иногда крокидолит подвергается окремнению без изменения синей окраски; такие камни известны как «сапфир-кварц», «азуркварц» или «сидерит». Эти названия употреблять не следует. Удовлетворительным названием является «соколиный глаз». Празем, или «мать изумруда», как его иногда называли, полагая, что он является материнской породой для изумрудов,— это кварц, окрашенный в луково-зеленый цвет благодаря включениям волокон актинолита (кальциево-магнезиального силиката). Слово «празем» (англ. prase) происходит от греческого πράσον (лук). Это название прилагается также к сходно окрашенным микрокристаллическим агрегатам кварца (халцедон). В чистый прозрачный кварц иногда включены тонкие волосяные кристаллы рутила, так называемые «стрелы Амура» [1]. Иногда включения представлены пластинками слюды, гематита или других чешуйчатых минералов. Такие камни с живописными блестками напоминают стекло, содержащее кристаллы меди и называемое «авантюрин». Указанная разновидность кварца получила такое же название. Большая часть подобного материала является поликристаллическим агрегатом кварца — кварцитом. Название «авантюрин» (англ. aventurine, или, неправильно, avanturine) происходит от итальянского слова avventura (случай). Полагают, что этот материал впервые был получен случайно, когда некоторое количество медных опилок попало в сосуд с расплавленным стеклом на стекловарне в Мурано близ Венеции.

Ограненные экземпляры горного хрусталя, аметиста, желтого кварца и других окрашенных его разновидностей, а также «тигровый глаз» показаны на цветном фото IX. Кварцевый «кошачий глаз» и звездчатый кварц изображены на цветном фото III.

Кварц (наряду с корундом) в отношении простоты химического состава располагается в ряду драгоценных камней после алмаза, являясь просто окисью кремния, или кремнеземом SiO_2. При высоких температурах кремнезем образует другие структурные модификации. Тридимит стабилен при обычном атмосферном давлении и температурах в интервале 870—1470°С. Кристобалит стабилен при более высоких температурах. Оба этих минерала редки и не дают материала, хоть сколько-нибудь пригодного для изготовления ювелирных изделий.

[1] В русских работах обычно говорят о «волосатике».— *Прим. ред.*

Кварц кристаллизуется в тригонально-трапецоэдрическом классе тригональной сингонии. Единичные кристаллы часто обнаруживают видимую гексагональную симметрию (рис. 129, *2*), но если развиты грани *s* (рис. 129, *1*, *3*), то их расположение является единственным указанием на тригональную симметрию. Развитие граней *x* доказывает отсутствие каких-либо плоскостей симметрии. Кроме вертикальной оси симметрии третьего порядка, имеется лишь три горизонтальные оси симметрии второго порядка, проходящие через ребра призмы. Псевдогексагональная симметрия

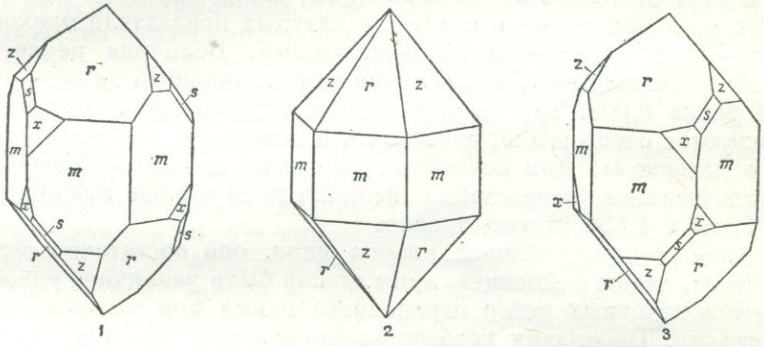


Рис. 129. Кристаллы кварца: *1* — левый, *2* — псевдогексагональный (морфология не позволяет определить, каким является данный кристалл — правым или левым), *3* — правый. Грани *m* {10$\bar{1}$0}, *r* {10$\bar{1}$1}, *z* {01$\bar{1}$1}, *s* {11$\bar{2}$1}, *x* {51$\bar{6}$1}.

связана также частично с двойникованием относительно пары граней призмы, при котором два отдельных кристалла прорастают друг друга и выглядят как один кристалл. Обычно также двойникование относительно промежуточной пары граней призмы, при котором два отдельных кристалла прорастают друг друга. С двойникованием этого рода связаны чередующиеся фиолетовые и бесцветные треугольные секторы, часто наблюдаемые в разрезах, перпендикулярных оси симметрии третьего порядка. Имеется и третий тип двойникования кристаллов кварца, при котором оси симметрии третьего порядка пересекаются почти под прямым углом (84° 33′). Кристаллические индивиды в этом случае разделены, и поэтому этот тип двойникования легче различим. Прорастание при двойниковании столь обычно, что даже, казалось бы, единичные кристаллы при тщательном исследовании оказываются нередко двойниками. С двойникованием связаны волнистые трещины и перистые включения, столь характерные для аметистов.

Рентгеноструктурное изучение кристаллов кварца подтвердило вывод, сделанный на основе морфологических и оптических особенностей, а именно, что структура кварца имеет спиральный,

т. е. винтообразный характер; в соответствии с этим выделяются два типа структуры — правосторонняя и левосторонняя (рис. 129). Действительно, аметист неизменно представлен отдельными кристаллическими индивидами-двойниками, которые являются попеременно правосторонним и левосторонним кристаллами. В некоторых кристаллах в разрезе, перпендикулярном ребру призмы, можно увидеть треугольные секторы, которые представлены чередующимися правосторонним и левосторонним кварцем и имеют различную окраску — фиолетовую и белую.

В соответствии с видом симметрии, кварц является оптически одноосным минералом и имеет два главных показателя преломления — обыкновенный и необыкновенный. Величина первого — 1,544, а второго — 1,553; величина максимального двупреломления равна 0,009. То, что отклонения от указанных величин наблюдаются очень редко, доказывает химическую чистоту прозрачного материала. Для некоторых окрашенных камней отмечалось незначительное возрастание величин показателей преломления до 1,545 и 1,554 соответственно.

Хотя двупремломление кварца мало, оно достаточно велико для того, чтобы с помощью лупы можно было различить удвоение противоположных ребер ограненного камня при взгляде сквозь площадку. Поскольку необыкновенный показатель преломления больше, чем обыкновенный, оптический знак кварца положительный. Дисперсия в интервале $B - G$ невелика — 0,013, и поэтому кварц не дает игры цветов. Обычное оконное стекло имеет несколько большую дисперсию. Кварц обладает ярким стеклянным блеском, и горный хрусталь в бриллиантовой огранке ярко сверкает в лучах света, но не дает цветных бликов. Густо окрашенные разновидности обнаруживают отчетливый дихроизм, выражающийся главным образом в изменении глубины окраски.

В соответствии со спиральным характером кристаллической структуры, кварц обладает примечательной способностью вращать плоскость поляризации луча света, проходящего через пластинку, вырезанную под прямым углом к ребру призмы, причем направление вращения может быть правым или левым в зависимости от правостороннего или левостороннего характера структуры. Величина вращения определяется толщиной пластинки и длиной световой волны. Величина вращения быстро увеличивается с уменьшением длины волны, как показано ниже для пластинки толщиной 1 мм при температуре 20°С:

Длина волны, Å	6560 Красный	5890 Желтый	5180 Зеленый	5000 Сине-зеленый	4480 Синий	2790 Ультра-фиолетовый
Угол, град.	17,25	21,72	28,62	30,78	39,24	114,5

Обращает на себя внимание исключительно большая величина вращения для ультрафиолетовых лучей по сравнению с величиной

вращения для лучей видимой части спектра, и особенно красной его части. Кварц, в отличие от стекла, прозрачен для ультрафиолетовых лучей. Свойство кварца вращать плоскость поляризации сказывается на наблюдаемой в сходящемся свете при скрещенных николях интерференционной фигуре. Эта фигура (фото 6, *б*) представляет собой черный крест и (при освещении белым светом) цветные кольца, характерные для обычной картины, даваемой одноосным кристаллом. Но ветви креста не заходят внутрь первого кольца, и центральная область окрашена, причем окраска зависит от толщины шлифа. При вращении одного лишь николя — анализатора окраска центральной области изменяется, и порядок, в котором происходит смена окрасок, указывает, является ли исследуемый кристалл правым или левым. В первом случае цвета сменяются от синего через лиловый к красному при вращении анализатора вправо. Во втором случае такой эффект проявляется при вращении анализатора влево.

Другим следствием низкой степени симметрии структуры кварца является то, что кристалл, внесенный на короткое время в пламя и затем охлажденный, приобретает пироэлектрические заряды, которые можно выявить, опылив его смесью сурика и серы. Такие же заряды появляются, если кристалл кварца сжать хотя бы пальцами или приложить к нему электростатическое напряжение. Это явление известно под названием пьезоэлектрического эффекта (от греческого слова πιέζω — давление).

Блеск кварца обычно стеклянный, но иногда бывает и смолистым.

Плотность кварца удивительно постоянна, хотя и более изменчива, чем величина показателей преломления, из-за наличия пустот и включений. Плотность горного хрусталя 2,651; плотность цитрина, аметиста и розового кварца колеблется от 2,647 до 2,656, а плотность авантюрина достигает 2,66—2,68.

Твердость кварца по шкале Мооса равна 7. Кварц не царапается стальным ножом и устойчив к абразивному воздействию обычной пыли. Он не обладает спайностью.

За исключением волокнистых разностей, обрабатываемых в виде кабошона, чтобы выявить эффект «кошачьего глаза», кварц обычно подвергают ступенчатой или бриллиантовой огранке в соответствии с назначением камня. Кроме того что кварц дает ювелирный материал, он является очень ценным полезным ископаемым. Вследствие высокой твердости кварц иногда предпочитают стеклу в качестве материала для изготовления линз для очков, так как такие линзы нелегко оцарапать при обычном ношении и их поверхность сохраняет полировку очень длительное время. Кварц превосходит стекло по прозрачности для ультрафиолетовых лучей, к которым обычно наиболее чувствительна фотопленка, поэтому его применяют для изготовления линз,

используемых при тонких фотографических работах. Шарики из бесцветного прозрачного кварца ценятся почитателями и любителями красивых камней.

Благодаря своим пьезоэлектрическим свойствам кварц довольно неожиданно оказался неоценимым материалом для изготовления стабилизаторов частоты радиоволн. В кварцевых пластинках, стержнях или кольцах можно посредством электрического возбуждения вызвать вибрацию, а стабильность механических колебаний может обеспечить стабильность электрических колебаний. При этом используется то обстоятельство, что амплитуда последних необыкновенно возрастает в том случае, когда их частота совпадает с частотой первых. Этот же принцип используется при создании высокоточных часов. Очевидно, что кристаллы кварца, используемого для таких целей, не должны содержать и следов двойникования, потому что в противном случае пьезоэлектрические оси были бы искажены и способность к колебаниям нарушена. Опыт показал, что многие кристаллы кварца, которые казались монокристальными, на самом деле представляют собой двойники и поэтому непригодны в качестве регуляторов колебаний.

Кварцевый песок широко используется как абразив для изготовления «шкурки» и очищающих паст, а также как составная часть стекольных шихт. При плавлении в кислородно-водородном пламени кварц превращается в кварцевое стекло, которое обладает совершенно иными физическими свойствами по сравнению с обычным стеклом. У кварцевого стекла отсутствует двупреломление, а величина показателя преломления снижается до 1,460. Дисперсия равна 0,008. Плотность снижается до 2,2, а твердость уменьшается до 5 по шкале Мооса. Кварцевое стекло широко используется в лабораториях и в домашнем обиходе, потому что оно выдерживает быстрое и неравномерное нагревание без риска расколоться. Оно может быть вытянуто в волокно, столь же тонкое, как и шелковое, но не имеющее характерной для шелка тенденции к скручиванию, и поэтому такое волокно неоценимо в тонких торсионных экспериментальных приборах, например в приборах, используемых для определения массы Земли.

Кварц является одним из тех драгоценных камней, которые наиболее легко поддаются определению как по оптическим свойствам, так и по плотности. Окрашенная граница, видимая при освещении белым светом на обычном рефрактометре, весьма характерна и резко отличается от картины, наблюдаемой в случае стекла с такой же преломляющей способностью. Плотность кварца также отличается от плотности других драгоценных камней, с которыми его можно спутать.

Цвет аметиста настолько своеобразен, что для определения этого камня не требуется проводить каких-либо исследований.

Легче всего спутать с другими драгоценными камнями той же окраски желтый кварц и цитрин. Уже упоминалось, что его легко принять за топаз. Погружение в иодистый метилен позволяет тотчас их распознать, так как топаз тонет в нем, а кварц с легкостью всплывает.

Поскольку кислые изверженные породы определяются как породы, содержащие избыток кремнезема, в таких породах обычно содержится много кварца. Он является также главной составной частью песчаников, образовавшихся за счет разрушения кислых пород. Кварц входит как главная составная часть во многие метаморфические породы, часто выполняет жеоды и жилы, где встречаются хорошо образованные кристаллы.

Блестящие, чистые кристаллы горного хрусталя найдены во многих районах земного шара. Эта разновидность, как уже упоминалось выше, впервые была встречена среди вечных снегов в Швейцарских Альпах и получила название «хрусталь». Хорошие кристаллы происходят из Бург-д'Уазана в департаменте Изер во Франции, из мраморных карьеров Каррары в северной Италии и из Мармарошского массива в Закарпатье. Окатанные гальки горного хрусталя, сносимые с Альп в Рейн, добывались прежде в Идар-Оберштейне и были названы «рейнстоунами» («рейнскими камнями»). Это название, к сожалению, стали неправильно прилагать к различным поддельным драгоценным камням, вырезанным из синтетического стекла.

Небольшие блестящие кристаллы получили по местам своих находок такие вводящие в заблуждение названия, как «алмазы острова Уайт», «корнуэллские алмазы» или «бристольские алмазы». Подобный материал найден в округе Танджор в шт. Мадрас в Индии, где он используется для изготовления дешевых ювелирных поделок и носит название «валлум-алмазы». В долине реки Инд из таких камней изготовляют ожерелья; здесь эти камни называют «мари-алмазы». Япония поставляет красивые образцы кварца, особенно «японские двойники», в которых два кристаллических индивида обособлены, а направления, параллельные ребрам призм, расположены почти под прямым углом друг к другу. Хороший горный хрусталь добывают на Мадагаскаре и в различных районах США. Огромное количество отличного материала, используемого в оптике и электротехнике, поставляет Бразилия. Прозрачные куски кварца иногда имеют настолько большие размеры, что любители камня придавали им форму шаров.

Бразилия славится также великолепными аметистами. Главный район их добычи находится в шт. Риу-Гранди-ду-Сул, откуда он простирается через государственную границу в Уругвай. Аметисты встречены и на многих месторождениях в США. Недавно сообщалось о находке очень крупных кристаллов в Дью-Уэсте в шт. Южная Каролина. Материал из Фор-Пикса в шт.

Аризона приобретает при нагревании зеленую окраску, напоминая в этом отношении «празиолит» из Монтезумы в Бразилии. Эти кристаллы сходны по габитусу с кристаллами из Сандер-Бей на озере Верхнем. Хорошие кристаллы извлекались из галечников на Цейлоне, а также добывались на Урале. Добыча кварца производилась в префектурах Этиго, Хоки и Иваки в Японии. Полагают, что материал, появляющийся на рынке в Африке, происходит из Танзании; другими источниками здесь являются Замбия и Намибия. Среди австралийских месторождений следует упомянуть рудник Уилу-Стейшен в округе Ашбертон в Западной Австралии. В Ирландии в заливе Ким-Бей на острове Ашилл найдены розовато-лиловые кристаллы. Саркстоун — аметист, найденный на острове Сарк в проливе Ла-Манш; однако уже на протяжении длительного времени здесь больше не находят этих камней, и образцы, продаваемые туристам под этим названием, являются либо импортным материалом, либо имитацией. Три великолепных ограненных образца аметиста находятся в Галерее минералов Британского музея естественной истории. Крупнейший из них, весом 343 карата, имеет овальную форму и найден в Бразилии. Два других привезены из России. Один из них имеет шестигранные очертания и весит 90 каратов; другой, густого фиолетового цвета, имеет округлую форму и весит 75 каратов.

Отличного качества кернгорм прежде в большом количестве находили на горе того же названия в Шотландии, но теперь он встречается редко. Он до сих пор высоко ценится и широко применяется в этой стране в качестве украшений, особенно в костюмах горцев. Одно время кернгорм можно было найти в ряде мест в центральной части Грампианских гор. Отдельные кристаллы достигали веса нескольких десятков фунтов, а однажды большое количество этого камня извлекли из одной крупной полости в гранитах. Другим месторождением коричневого кварца был Готфелл на острове Арран. Очень большое количество дымчатого кварца, иногда в виде исключительно крупных кристаллов, было найдено в Швейцарских Альпах. Дымчатый кварц, становящийся при нагревании желтым, встречался близ Кордовы в Испании. В США красивый кернгорм найден на горе Пайкс-Пик в шт. Колорадо; отличный материал встречен также в ряде других месторождений. Крупные кристаллы дымчатого кварца и аметиста происходят из западной части округа Кэролл в шт. Нью-Гэмпшир. Правильный кристалл, найденный в Стоунхеме в шт. Мэн вместе с многочисленными более мелкими кристаллами, имел длину 117,5 см, толщину 42,5 см и весил 230 кг. В Азии хороший материал происходит из района Нерчинска и из Маньчжурии. Великолепные цитрины встречены во многих бразильских штатах, особенно в шт. Минас-Жерайс, Сан-Паулу и Гояс; здесь цитрины часто путают с топазами. Утверждают, что желтый кварц, описан-

ный как цитрин, встречается во многих других месторождениях. Говорят, что цитрин встречается среди драгоценных камней, поставляемых с Мадагаскара. В Англии описаны находки цитринов в Корнуэлле, а некоторые окрашенные кристаллы кварца из Готфелла на острове Арран также называли цитринами. Однако здесь снова следует отметить, что большинство желтых кварцев, выдаваемых за цитрины, получены в результате термической обработки дымчатого кварца или аметиста.

Прекрасный розовый кварц встречается довольно редко. Его добывали в долине реки Жекитиньонья в бразильском шт. Минас-Жерайс; из пегматитов Намибии; совместно с цитрином и дымчатым кварцем на Мадагаскаре; в Гото в префектуре Иваки в Японии; в Боденмайсе в Баварии; в Пирисе в шт. Мэн и близ Кастера в горах Блэк-Хилс в шт. Южная Дакота в США; в окрестностях Свердловска на Урале.

Наилучшие экземпляры кварцевого «кошачьего глаза» добыты из галечников Цейлона. Они имеют главным образом зеленоватый цвет, но иногда бывают коричневато-красными и желтыми; их обычно путают с хризоберилловым «кошачьим глазом», который встречается вместе с ними. Зеленоватый «кошачий глаз» низкого качества добывался в горах Фихтель в Баварии и продавался как венгерский «кошачий глаз», хотя таких камней в Венгрии никогда не находили. (Еще один пример ошибочного названия, которое следует отбросить.) Окремненный крокидолит, называемый «соколиным глазом» и «тигровым глазом», добывается в значительных количествах близ Гриквататауна, к северу от реки Оранжевой, в Южной Африке. Когда он был новинкой, он стоил дорого. Сходный материал, сохранивший первичный синий цвет, происходит из окрестностей Зальцбурга в Австрии. Кап-де-Гата в Испании является месторождением красновато-коричневого авантюрина, содержащего гематит. Зеленый авантюрин, содержащий фуксит, найден в Индии и продавался под неправильным названием «индийский жад». Он встречается не в виде отдельных кристаллов, а представляет собой агрегат сросшихся кристаллов и является в действительности метаморфической породой (кварцитом). В шт. Джайпур встречается также синий авантюрин.

Одним из сокровищ Геологического музея в Лондоне является огромная ваза из авантюрина с подставкой из серого порфира. Русский император Николай I подарил ее сэру Мурчисону — директору Геологической службы, который завещал ее Геологическому музею.

Следует предостеречь тех, кто, проводя выходной день у моря, рассчитывает найти одну или две симпатичные галечки и думает, что неплохо было бы огранить их и носить как украшение. Конечно, можно найти подходящий материал — чистый и прозрачный, хотя, вероятнее всего, потертый. Такие камни могут быть

или бесцветными, или иметь привлекательную окраску, но все-таки они встречаются весьма редко и едва ли вознаградят случайные поиски. Если такие камни все же отнести местному ювелиру, то может случиться, что тот, не желая упускать выгодную сделку, не станет объяснять бесполезность затеи, результаты которой разочаровали бы заказчика, а согласится выполнить работу, но заменит камни другими, купленными им оптом и уже ограненными или даже поддельными. С другой стороны, заказчик вряд ли будет доволен, если узнает, что он мог бы получить такую же милую безделушку за меньшую сумму. Тонкозернистые (микрокристаллические) агрегаты кварца описаны под названием халцедонов в разделе «Декоративные камни»[1].

[1] В начале настоящей главы автор указал, что кристаллический кварц является многоотраслевым полезным ископаемым, однако это положение не было полностью раскрыто. Пожалуй, наиболее ценным и наиболее важным использованием кварца является его использование в качестве пьезоэлектрика. Требования к пьезокварцу и оптическому кварцу много выше, чем к ювелирному кварцу. Пьезокварц, помимо того что он должен быть лишен каких-либо включений и трещин и должен быть совершенно прозрачным, не должен содержать никаких двойников, в том числе бразильских и дофинейских, совершенно не опасных для ювелирного материала. Полностью исключаются свили и другие неправильности роста. К оптическому кварцу, кроме того, не относятся хоть сколько-нибудь окрашенные разности. Очень велики требования и к размерам кристаллов.

Все дефекты кварцевых кристаллов хорошо видны на их свежем сколе. «Обогащение» кварцевых кристаллов, т. е. удаление загрязненных и двойниковых участков, обычно концентрирующихся в нижних частях кристалла, ведется их отколкой до тех пор, пока не будет получен «хороший» монокристальный скол. По характеру скола можно судить и об ориентировке неограненного кристалла.

Стоимость пьезооптического кварца во много раз выше стоимости ювелирного кварца. В ювелирных целях используются непригодные как пьезооптический кварц, сдвойникованные и свиливатые кристаллы. Мелкие прозрачные кварцевые обломки применяются для плавки кварцевого стекла.

Природный кварц эксплуатируется весьма интенсивно, но его явно не хватает. Во всех странах сейчас имеются крупные заводы, искусственно выращивающие пьезооптический кварц, используемое количество которого намного превышает количество добываемого природного кварца. Природный кварц сейчас используется в самых ответственных случаях.

Генетически среди кварцевых месторождений выделяют два наиболее крупных типа. Во-первых, кварцевые жилы среди кварцитов или других богатых кварцем пород и, во-вторых, камерные пегматиты, весьма напоминающие по своему характеру топаз-берилловые пегматиты, в которых иногда вместе с кварцем встречаются и эти драгоценные минералы.

Кварцевые жилы с крупными, хорошо образованными кристаллами кварца формируются, видимо, на довольно больших глубинах, где в результате высокого общего давления вода растворяет относительно много кремнекислоты. Из советских месторождений этого типа большой известностью пользуются очень своеобразные кварцевые жилы Полярного Урала, хорошо описанные А. Е. Карякиным и В. А. Смирновой. Здесь различаются жилы, согласные со слоистостью вмещающих кварцитов и обычно не содержащие пустот, и секущие жилы, в нижней части которых имеется одно или несколько гнезд с крупными кристаллами. Кварцевые жилы с месторождениями кри-

сталлического кварца описаны среди протерозойских кварцитов Алдана и на Памире.

Второй тип — так называемые камерные пегматиты — образуется в верхних частях контактных зон гранитных тел. Эти пегматиты можно сравнить с «всплывшими в гранитном теле пузырями». Месторождения кварца Волыни на Украине имеют именно такой генезис (см. работу Е. К. Лазаренко и др.). Иногда здесь встречаются исключительно крупные кристаллы кварца и топаза (см. работы Осадчева, Сорокина и др.). Кварц и другие минералы добывались также из камерных пегматитов Казахстана. В камерных пегматитах встречается не только бесцветный кварц, но и морион, и цитрин.

Празем — это кварцевый агрегат, окрашенный в зеленый цвет микроскопической примесью зеленых никелевых силикатов, в первую очередь гарниеритом. Образуется этот минерал в средних горизонтах коры выветривания ультрабазитов. В типичном разрезе такая кора выветривания имеет совершенно четкую горизонтальную зональность. В самых низах ультрабазит замещается керолитизированным серпентином; при этом трещины породы выполняются магнезитом. Выше керолитизированные породы сменяются нонтронитами, иногда обогащенными никелем, а еще выше — охрами. При этом из жилок выносится магнезит, но вместо него отлагается кремнезем. В низах зоны охр и в зоне нонтронита в некоторых месторождениях вместе с кварцем выделяются силикатные никелевые минералы, окрашивающие кварцевый агрегат в неповторимый яблочно-зеленый цвет.

Читателям, которые захотят глубже ознакомиться с этими вопросами, можно рекомендовать следующие работы:

Карякин А. Е., Смирнова В. А. Структуры хрусталеносных полей, «Недра», 1967.

Лазаренко Е. К., Павлишин В. И., Латыш В. Т., Сорокин Ю. Г. Минералы и генезис камерных пегматитов Волыни. «Вища школа», Львов, 1973.

Осадчев Б. И. Гигантский кристалл кварца с Волыни. ЗВМО, 1946, ч. 75, вып. 3.

Сорокин Ю. Г., Перегуда А. И., Береговенко А. И. Об уникальной находке топазов на Волыни. Мин. сб. Львов. унив., 1967, № 21, вып. 3.

Приказчиков А. А., Сорокин Ю. Г., Москалюк А. А., Веселъев А. С. Кристалл-гигант из пегматитового тела. ЗВМО, 1964, ч. 93, вып. 2.—*Прим. ред.*

32
Опал

То, что опал в древности вызывал глубочайшее восхищение, явствует из описания этого камня, сделанного Плинием: «Из всех драгоценных камней именно опал вызывает наибольшие трудности при описании. Для него свойственна острая игра цветов карбункула, фиолетовый отблеск аметиста, аквамариновые тона изумруда — смешанные все вместе и сияющие с неописуемой яркостью». Из дальнейшего описания следует, что мошенники даже в те далекие дни были хорошо знакомы с возможностью изготовления поддельных опалов из стекла. Плиний предлагает испытание, позволяющее отличить настоящий опал от поддельного, которое, однако, нельзя считать надежным:

«Нет камня, который мошенники подделывали бы с большим искусством, чем этот. Единственным средством, позволяющим выявить обман, является солнечный свет. Если поддельный опал (изготовленный из стекла) взять большим и указательным пальцами и позволить лучам солнца падать на него, то он обнаруживает одну и ту же окраску по всей поверхности камня и не излучает сияния. В то же время истинный опал излучает последовательно различные яркие лучи, окраска его постоянно меняется и он отбрасывает яркие отблески на пальцы».

Благодаря процветавшему в прошлом глупому суеверию, которое не изжито еще и поныне, и предвещавшему несчастье тому, кто носит опалы, этот драгоценный камень долгое время вызывал недоверие, которое начало понемногу рассеиваться только тогда, когда в Австралии открыли черный опал. Действительно, восхитительное малиновое сияние, пробегавшее временами по куску черного, как ночь, опала, было одним из тех замечательных явлений, которые мог предложить мир драгоценных камней.

Выделяются две разновидности опала — белый и черный опал. Оба этих термина употребляются в более широком смысле, чем можно было бы ожидать из точного значения этих слов. Собственный цвет белого опала всегда светлый, но он может отличаться от белого — быть, например, желтоватым. Настоящий черный опал очень редок, и большая часть образцов этой разновидности имеет темно-серую или синюю окраску. То, что окраска этих камней не связана с обычным поглощением света, следует из того факта, что проходящий и отраженный лучи имеют дополнительную

окраску. Например, синий камень, если лучи света проходят сквозь него, выглядит желтым. Во многих образцах черного опала ирризирующие участки слишком малы для того, чтобы их можно было обработать по отдельности, и вся пятнистая масса обрабатывается, шлифуется и продается как опал (opal-matrix). Название этого минерала пришло к нам от латинского слова opalus и греческого ὀπάλλιος, которое в свою очередь происходит от санскритского слова upala, означающего «драгоценный камень», что указывает на то, что опал впервые попал в Европу из Индии.

Огненный опал (fire-opal) — разновидность, которая, как свидетельствует название, имеет красноватую или оранжевую окраску. Он довольно прозрачен и обладает лишь слабой «молочностью», но обнаруживает ирризирующие блики, если его разглядывать в соответствующем ракурсе. Арлекиновый опал обладает игрой цветовых пятен на общем красноватом фоне. Для огненного опала использовался также термин girasol. Он произошел от латинских слов girare (поворот) и sol (солнце) и, по существу, имеет тот же смысл, что и слово heliotrope, которое пришло из греческого языка, но имеет другое значение. «Золотистый опал» — название, употребляемое в наши дни, как другое название для огненного опала. Древесный опал является, как указывает название, древесиной, замещенной опалом. Гиалит, иногда называемый мюллеровым стеклом по имени его первооткрывателя, представляет собой примечательную разновидность опала, чистого, как стекло; отсюда и его название — от греческого слова ὕαλος (стекло). Кахолонг — голубовато-белая фарфоровидная разновидность, весьма пористая и прилипающая к языку, которая высоко ценится на Востоке. Название происходит от слова kaschtschilon тюркского происхождения. Название «гидрофан» произошло от греческого слова ὑδροφανής (видимый в воде) и обозначает любопытную разновидность, которую необходимо смочить водой, для того чтобы выявить иризацию. Причина этого явления состоит в том, что до тех пор, пока вода (светопреломление которой немного меньше, чем у опала) не попадает в трещинки, значительная часть света, падающего на них, полностью отражается от их ближайшей стороны и не пересекает их. Удивительно, как много воды может поглотить гидрофан!

По химическому составу опал представляет собой кремнезем SiO_2, содержащий некоторое количество воды,— благородный опал от 6 до 10%. Чистый опал бесцветен, но почти всегда он более или менее «молочный» и непрозрачный или окрашен в различные тусклые тона окисью железа и другими примесями. Опал отличается от других драгоценных камней тем, что он не является кристаллическим веществом, а представляет собой гель, и его привлекательность зависит от характерной иризации и опалесценции. Как было указано выше, последнее понятие в идеале

следует ограничить, обозначая им «молочность», различимую в некоторых опалах благодаря рассеянию света мелкими частицами. Игра цветов в иризирующих опалах является следствием интерференции. Тонкая структура опала не видна в оптическом микроскопе, но рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия выявили, что опал состоит из кристаллических частиц очень небольших размеров. Обычный опал обнаруживает структуру частиц, характерную для низкотемпературного кристобалита, но в благородном опале существуют полные постепенные переходы к аморфному веществу. Электронная микрофотография аморфных опалов указывает на существование участков, сложенных плотно упакованными сферическими частицами, состоящими из кремнезема и имеющими размеры 1500—4000 Å; они действуют как трехразмерная дифракционная решетка, вызывая иризацию. Вода, содержащаяся в кристаллическом опале, вероятно, в значительной степени физически адсорбирована, однако в аморфном опале по крайней мере часть воды химически связана с поверхностными частицами кремнекислоты в гидроксильные группы. В некоторых разновидностях опала, таких, как ирис-опал из Мексики, размер сферических частиц значительно меньше (около 40 Å) и они упакованы беспорядочно, а дифракционный эффект, по-видимому, обусловлен тонкой правильной слоистостью.

Светопреломление опала простое, и величины показателя преломления колеблются от 1,444 до 1,464. Блеск полустеклянный или смолистый. Плотность варьирует от 2,00 до 2,20. Плотность австралийских опалов — около 2,12, а мексиканских — 1,98—2,03. Опал довольно мягок. Твердость его колеблется от 5,5 до 6,5 по шкале Мооса, и поэтому он легко царапается.

Огненные опалы гранятся, но обычно опал обрабатывается в виде плоских или выпуклых кабошонов; первые характерны для брошей и подвесок, а вторые — для колец. Опалы требуют осторожного обращения. Помимо гидрофана, многие другие опалы способны абсорбировать некоторые жидкости, и их внешний вид можно испортить, если погрузить их в грязную воду, чернила или другую окрашенную жидкость. Из-за особенностей структуры опалы весьма чувствительны к нагреванию, и оно может безвозвратно испортить их вид. Однако сообщалось, что был достигнут значительный успех при восстановлении образцов венгерских опалов в Венгерском национальном музее. Эти образцы полностью утратили игру цветов. В высоком вакууме содержание воды в камнях восстанавливалось до обычной нормы и в большинстве случаев они приобретали прежнее сияние[1]. Иногда ограненные

[1] *E. Hunek*, Regenerated precious opals. The Gemmologist, 1961, vol. 30, p. 101—102.

опалы, особенно из некоторых месторождений, теряют воду при старении, и это может вызвать растрескивание поверхности камня и даже полное его разрушение. Рекомендуется время от времени погружать образцы опала в чистую воду.

Как было известно еще во времена Плиния, опал можно имитировать, нагревая стекло и затем быстро его охлаждая, в результате чего оно покрывается трещинками. Поскольку эти трещинки заполнены воздухом, а не твердым материалом, получающиеся имитации весьма посредственны. Так как благородный опал часто встречается в виде тонких пленок, довольно распространены опаловые дублеты, в которых пленка опала искусственно скреплена с какой-либо подложкой. Последней может служить низкокачественный опал, черный оникс или черная паста. В опаловом триплете опаловая пленка покрывается обработанным в виде кабошона кусочком горного хрусталя, который предохраняет опал от повреждений, но видоизменяет его блеск и иризацию. Часто можно столкнуться с имитацией черного опала, получаемой путем пропитки низкокачественного опала раствором сахара с дальнейшей обработкой его серной кислотой.

Древнейшие копи, которые вплоть до последнего времени были единственным крупным месторождением опала, расположены в районе Червенци в Чехословакии (раньше этот район входил в состав Венгрии, отчего этот материал называли венгерским опалом). Благородный опал встречается здесь вместе с марказитом, пиритом, стибнитом и баритом в андезитах. Главными месторождениями являются горы Либанка и Симонка. Вероятно, все опалы, известные древним римлянам, происходили из этого района. Образцы опала всегда были небольшими, крупные образцы весьма редки.

Месторождения района Червенци не могли конкурировать с богатыми месторождениями Нового Южного Уэльса, открытыми в 1877 г. Как это часто бывает, крупное месторождение Уайт-Клиффс (фото 20) было открыто случайно. В 1889 г. охотник, выслеживая раненого кенгуру, подобрал красиво окрашенный опал. Если бы не эта находка, богатые скопления опала могли бы еще долго оставаться неизвестными; они расположены в безводном и труднодоступном районе. Опал приурочен здесь к породам мелового возраста. Он выполняет полости в базальтах или песчаниках, трещины в ископаемой древесине, а также замещает древесину, кости пресмыкающихся и игольчатые кристаллы, возможно глауберита. В 1905 г. еще более замечательная площадь распространения опалов была открыта севернее, на границе Квинсленда и Нового Южного Уэльса. Здесь обнаружили опалы столь темные, что их называли черным опалом в противоположность светлоокрашенным камням, которые только и были известны ранее. Черный опал встречен также в хребте Лайтнинг-Ридж

в Новом Южном Уэльсе. Песчаники, в которых он обнаружен, обогащены железом — этот факт, без сомнения, объясняет густую темную окраску встречающихся здесь камней. Богатая белыми опалами площадь Кубер-Педи открыта в 1915 г. в Южной Австралии. Здесь опал встречается в ассоциации с гипсом и алунитом в песчаниках и аргиллитах верхнемелового возраста. Пятнадцать лет спустя в Южной Австралии открыли другое крупное месторождение в хребте Андамука; обе эти площади одно время обеспечивали почти всю мировую добычу благородного опала. Опалы из Кубер-Педи обычно красные, оранжевые и белые, тогда как опалы из хребта Андамука — зеленые и голубые. Месторождения Уайт-Клиффс и Лайтнинг-Ридж сейчас не разрабатываются в сколько-нибудь значительных масштабах. На последнем из них продолжают добывать некоторое количество черных опалов. В Квинсленде имеется несколько меньших площадей, как, например, рудник «Хейрикс» близ Квилпи. В небольших количествах опал найден в вулканических породах в Квинсленде и в Новом Южном Уэльсе.

Опал «Девоншир» — великолепный черный опал из месторождения «Лайтнинг-Ридж», обладающий чудесной блестящей окраской,— является собственностью герцога Девонширского. Этот слабо выпуклый камень имеет овальные очертания, размер 5×2,5 см и весит приблизительно 100 каратов. Когда королева Елизавета II посетила в 1954 г. Австралию, правительство Южной Австралии подарило ей ожерелье с опалом весом 203 карата из месторождения хребта Андамука[1].

В США обычный опал, гиалит и опализированная древесина найдены во многих местах. Красивые образцы древесного опала происходят из южной части шт. Вашингтон. Хорошие благородные опалы встречаются в долине Вирджин-Вэлли в шт. Невада в толще вулканических пеплов и туфов, но репутация этих камней испорчена тем, что они растрескиваются при старении. Материал, встреченный в шт. Айдахо в базальтах, сравним по качеству с опалами из Чехословакии. Наилучшие на Американском континенте опалы находили в прошлом в Гондурасе, Гватемале и Мексике, где вмещающие породы представлены обычно трахитами. Мексика особенно славится великолепными огненными опалами; главным их месторождением является «Зимапан» в шт. Идальго. Другие разновидности опала найдены в шт. Герреро, а город

[1] Крайне интересен генезис австралийских опалов. Этот минерал встречается в верхних горизонтах реликтовых столовых гор. На остаточной поверхности этих гор была развита древняя кора выветривания. Опал формируется в нижних горизонтах коры выветривания. Однако благородный опал образуется только в том случае, если выделение опала идет медленно и равномерно. В коре выветривания имеются выделения глин или железной руды, в трещинах которых и встречаются жилки благородного опала.— *Прим. ред.*

того же названия является главным центром их сбыта. Иризирующий гиалит (водяной опал, ирис-опал) происходит из шт. Сан-Луис-Потоси.

Утверждают, что опалы, и в частности огненный опал, найдены в северной Бразилии. Ряд образцов опала из Австралии и огненный опал из Мексики изображены на цветном фото IX.

33
Семейство полевых шпатов

Минералы, относящиеся к этому семейству, представляют первостепенный научный интерес в связи с формами их кристаллов и способами двойникования, а также в связи с той исключительно важной ролью, которую они играют в образовании горных пород. Но в мире драгоценностей они занимают невысокое положение. Из многих разновидностей минералов этого семейства в качестве самоцвета используется лишь один лунный камень, обладающий красивым отливом. Очарование его столь велико, что можно только удивляться, почему этот камень не пользуется большим спросом. Возможно, он служит примером того, что дешевизна препятствует успеху у публики.

Семейство состоит из трех конечных членов: ортоклаза и микроклина (калиевые полевые шпаты), альбита (натровый полевой шпат) и анортита (известковый полевой шпат). Четвертым членом является цельзиан (бариевый полевой шпат), который встречается очень редко. Ортоклаз (и микроклин) и альбит являются крайними членами щелочных полевых шпатов. Альбит и анортит слагают еще один очень важный ряд минералов — плагиоклазы. Кроме того, существует ряд минералов, крайними членами которого являются ортоклаз и цельзиан.

Название семейства — «полевые шпаты» (англ. feldspar) происходит от немецкого слова feldspat(h).

Ортоклаз и микроклин имеют одинаковый химический состав, будучи калиевыми алюмосиликатами с формулой $KAlSi_3O_8$; однако они отличаются своими физическими свойствами. Ортоклаз имеет моноклинную, а микроклин — триклинную сингонию, но углы между соответствующими гранями кристаллов очень близки. Например, угол между двумя направлениями совершенной спайности, которые параллельны двум наиболее обычным граням, составляет у ортоклаза 90°, а у микроклина 89°30′ — разница равна лишь половине градуса. Оба минерала образуют двойники; сетка полисинтетических двойников столь характерна для микроклина, что служит его диагностическим признаком. Ортоклаз иногда бывает бесцветным или желтым. Обычно же оба минерала белые или серые, за исключением амазонита, который окрашен в яркий медно-зеленый цвет. Природные кристаллы ортоклаза и

амазонита показаны на цветном фото X. Как ортоклаз, так и микроклин являются в соответствии с типом симметрии оптически двуосными минералами; оптический знак у обоих — отрицательный. Величины наименьшего и наибольшего главных показателей преломления равны 1,518—1,522 и 1,526—1,530. Следует отметить, что чистый желтый ортоклаз с Мадагаскара обладает большими величинами показателей преломления — 1,522 и 1,527 — благодаря присутствию железа, которое является причиной окраски этого минерала. Плотность же его нормальная. Плотность ортоклаза и микроклина 2,56. Моос выбрал ортоклаз в качестве стандартного минерала для своей шкалы твердости и приписал ему балл 6. Твердость микроклина может быть несколько выше: от 6 до 6,5. Оба минерала обладают двумя направлениями отличной спайности, которые располагаются или под прямым углом, или почти под прямым углом друг к другу. Блеск стеклянный; на плоскостях спайности может быть жемчужным. Дисперсия у всех полевых шпатов невелика и для интервала $B - G$ равна всего 0,012.

Ортоклаз получил свое название из-за того, что направления его спайности расположены под прямым углом друг к другу (от греческих слов ὀρθός — прямой и κλάσις — расщепление). Микроклин (англ. microcline) — английская форма немецкого слова mikroklin, которое происходит от греческих слов μικρός (малый) и κλίνειν (наклоняться). Название указывает на то, что плоскости спайности в кристаллах микроклина образуют угол, несколько отличающийся от прямого.

Чистый или почти чистый ортоклаз известен как адуляр. Это название происходит от названия массива Адула в Швейцарии, где эти чистые кристаллы с небольшим количеством граней были впервые найдены. В действительности местонахождением адуляра является район Сен-Готарда, а не массив Адула, но раньше это последнее название прилагалось ко всем Центральным Альпам, включая Сен-Готард. Санидин — разновидность, представленная стеклоподобными таблитчатыми кристаллами. Название происходит от греческого слова σδνιδ, или σανίς (табличка).

Альбит — натровый полевой шпат, который имеет формулу $NaAlSi_3O_8$ и является конечным членом ряда плагиоклазов. Он кристаллизуется в триклинной сингонии, но углы между гранями его кристаллов почти равны углам между соответствующими гранями кристаллов ортоклаза. Как и у других полевых шпатов, кристаллы альбита часто сдвойникованы. Альбит может быть бесцветным, но обычно он имеет серую окраску различных оттенков. Кристаллы его обладают двумя направлениями хорошей спайности, которые наклонены под углом 86°24′. Альбит — оптически двуосный положительный минерал; величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны 1,525 и 1,536.

Плотность альбита — 2,62, твердость — 6—6 1/2 по шкале Мооса. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности бывает жемчужным.

Альбит получил свое название от латинского слова albus (белый). Название «плагиоклаз» происходит от греческих слов πλάγιος (косой) и κλάσις (расщепление) и указывает на то, что угол между плоскостями спайности у этих минералов заметно отличается от прямого.

Анортит — другой конечный член ряда плагиоклазов — является известковым полевым шпатом с формулой $CaAl_2Si_2O_8$. Он также кристаллизуется в триклинный сингонии — факт, на который указывает его название, происходящее от двух греческих слов: ἀν (не) и ὀρθός (прямой). Такое название, однако, не вполне удачно, потому что существует другое греческое слово — ἄνορθος, правда редко употребляемое, в котором первый слог имеет другое значение и которое в целом означает «прямой», т. е. имеет прямо противоположный смысл. Анортит обладает обычной парой направлений совершенной спайности с углом между ними, равным 85°50′, и кристаллы его часто сдвойникованы. Обычно он белый или бесцветный. Анортит — оптически двуосный отрицательный минерал. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны 1,576 и 1,588. Плотность его — 2,76, а твердость — 6—6 1/2 по шкале Мооса. Блеск такой же, как у альбита.

В целях удобства промежуточные члены ряда плагиоклазов получили собственные названия. Если мы обозначим чистый альбит символом Ab, а чистый анортит символом An, то с помощью этих символов можно представить следующие промежуточные члены ряда:

Альбит	$Ab_{100}An_0 — Ab_{90}An_{10}$
Олигоклаз	$Ab_{90}An_{10} — Ab_{70}An_{30}$
Андезин	$Ab_{70}An_{30} — Ab_{50}An_{50}$
Лабрадор	$Ab_{50}An_{50} — Ab_{30}An_{70}$
Битовнит	$Ab_{30}An_{70} — Ab_{10}An_{90}$
Анортит	$Ab_{10}An_{90} — Ab_0An_{100}$

Ниже приведены некоторые физические свойства различных членов ряда плагиоклазов, причем цифры в скобках — отношение альбитовой и анортитовой составляющих. Указаны наименьший и наибольший показатели преломления.

Оптический знак, положительный у альбита, меняется на отрицательный у олигоклаза, затем вновь на положительный у андезина и снова на отрицательный у членов ряда, занимающих промежуточное положение между лабрадором и битовнитом.

Олигоклаз получил свое название из-за ошибочного мнения, согласно которому его спайность хуже, чем у альбита (от греческих слов ὀλίγος — малый и κλάσις — расщепление). Остальные названия происходят от названий месторождений, где были впервые встречены соответствующие минералы: Анды в Южной Аме-

Плагиоклазы

Минерал	Показатели преломления		Плотность	Угол между плоскостями спайности
	меньший	больший		
Альбит (1:0)	1,525	1,538	2,62	86°24′
Олигоклаз (4:1)	1,538	1,547	2,65	86°32′
Андезин (3:2)	1,550	1,557	2,68	86°14′
Лабрадор (2:3)	1,558	1,567	2,70	86°04′
Битовнит (1:4)	1,567	1,576	2,73	85°56′
Анортит (0:1)	1,576	1,590	2,76	85°50′

рике, полуостров Лабрадор в Северной Америке и город Битоун (ныне Оттава) в Канаде.

Некоторые ювелирные разности полевых шпатов обладают особой привлекательностью благодаря оптическим эффектам, обусловленным присутствием правильно ориентированных включений.

Именно такой структуре обязан своим сиянием лунный камень, который является единственным полевым шпатом, прочно удерживающим высокое положение в мире драгоценностей. Она связана с наличием тонких срастаний ортоклаза и альбита в виде слойков, причем, чем тоньше эти слойки, тем глубже прекрасное голубое сияние, которое так восхищает знатоков и ценителей драгоценных камней. Если слойки относительно толстые, сияние имеет обычный белый цвет и не столь привлекательно. Явление различимо лишь тогда, когда свет отражается от указанных слойков. Шлифованные лунные камни различной окраски показаны на цветном фото X.

Перистерит — плагиоклаз, отвечающий по составу альбит-олигоклазу и состоящий из тонкого срастания участков, обогащенных либо натрием, либо кальцием.

Лабрадор обладает красивой игрой цветов на плоскостях спайности при взгляде в соответствующем направлении. Эта иризация обусловлена листоватым характером структуры, причем отдельные слойки располагаются параллельно менее совершенной спайности в результате полисинтетического двойникования. Собственный цвет этого минерала серый и довольно непривлекательный, но он служит хорошим фоном для сверкающих бликов зеленого, желтого или красного цвета, которые пробегают по нему, когда камень поворачивают из стороны в сторону. Черный лунный камень — темный лабрадор с игрой синеватого цвета.

Солнечный камень — полевой шпат, который светится желтоватым или красноватым светом благодаря отражению от кристалликов железистых минералов (гематита или гётита), рассеянных в кристалле-хозяине. Он получил такое название, потому что предполагали, будто он обладает свойством самосвечения. Сол-

нечный камень, укрепленный на булавке, показан на цветном фото X. Когда кристаллики-включения имеют чешуйчатую форму, они вызывают своеобразное мерцание, и камень называется в этом случае авантюриновым полевым шпатом.

Правильное расположение одной кристаллической фазы в виде включений внутри другой часто обусловлено распадом при охлаждении твердого раствора, который был однородным при высокой температуре. Например, перистерит, если его выдерживать при температуре свыше 1000°С в течение нескольких дней, становится однородным и приобретает структуру, характерную для высокотемпературного натрового плагиоклаза. Оптические эффекты, свойственные таким составным кристаллам, часто описывались немецким словом schiller (блеск, иризация), поначалу употреблявшимся для обозначения одной из разновидностей ромбического пироксена. Однако этот термин, к сожалению, стал охватывать несколько видов оптических явлений[1].

Гиалофан — редкий бариевый ортоклаз, который получил название от двух греческих слов — ὕαλος (стекло) и φαίνειν (казаться) из-за стеклоподобного вида его кристаллов, напоминающих кристаллы адуляра.

Лунный камень неизменно обрабатывают в виде кабошона таким образом, чтобы выявить его своеобразное сияние, а лабрадору обычно придают вид плоских пластинок, вырезанных параллельно листоватости. Прозрачные бесцветные или желтые ортоклазы иногда подвергают огранке как любопытную редкость. Такие камни можно спутать с кварцем, потому что их показатели преломления, двупреломление и плотность весьма близки. Правда, кварц заметно тверже ортоклаза, однако испытание на твердость надо проводить с осмотрительностью, чтобы не повредить определяемый камень. Тщательное исследование с помощью рефрактометра позволяет различить эти минералы, поскольку они имеют противоположный оптический знак. Кварц оптически положительный, и поэтому тень, соответствующая меньшему показателю преломления, сохраняет неизменное положение, тогда как ортоклаз оптически отрицательный минерал и неподвижная тень соответствует большему показателю преломления. Ортоклаз оптически двуосный, но его средний показатель преломления всего лишь на 0,002 меньше наибольшего показателя преломления.

Сами по себе полевые шпаты используются в промышленности главным образом как составная часть шихт глазурей, фарфора и фаянса. Но когда они подвергаются выветриванию и, разрушаясь, переходят в фарфоровые глины, почву и т. д., они приобретают важное значение в производстве керамических изделий, в сельском

[1] *J. Ostwald*, Schiller and pseudochromatism in minerals and gemstones, The Journal of Gemmology, 1965, vol. 9, p. 309—324.

хозяйстве и т. д. Они встречаются в изверженных и метаморфических породах и служат одной из основ для классификации этих пород. Эти минералы широко распространены, но полевошпатовые ювелирные материалы встречаются сравнительно редко.

Лунный камень часто встречается в галечниках вместе с другими самоцветами на юге Цейлона, а также в жилах в центральных и южных провинциях острова. Для этих камней характерен белый цвет, но некоторые кристаллы обладают голубым сиянием, которое очень высоко ценится. Лунные камни из района Кангайам в Южной Индии включают как «кошачий глаз», так и звездчатые разновидности. Ювелирный материал, сравнимый по качеству с цейлонскими камнями, найден в 1958 г. в речных галечниках близ Оливера в шт. Виргиния в США. Красивые голубые лунные камни добывают в Бирме. Лунные камни встречаются также на Мадагаскаре и в Танзании.

Как уже отмечалось выше, наиболее красивые образцы бесцветного ортоклаза — адуляра впервые были обнаружены в районе Сен-Готарда в Швейцарии, но ныне они встречаются редко. Позднее на Мадагаскаре нашли золотисто-желтый ортоклаз, цвет которого обусловлен окисью железа, замещающей часть глинозема. Правильно ограненный кристалл такого ортоклаза показан на цветном фото X.

Ювелирный перистерит встречался преимущественно в Канаде — в Вильнев-Майне в Квебеке и в окрестностях Батерста в провинции Онтарио. Хороший материал происходит также из округа Эссекс в шт. Нью-Йорк в США.

Лабрадор в огромных количествах встречается на побережье полуострова Лабрадор, где он известен с 1770 г., а также в северо-восточном Квебеке в Канаде и на острове Ньюфаунленд. Большие его скопления имеются в СССР на Украине.

Красивый амазонит найден в Амелии, в округе Амелия в шт. Виргиния в США. Крупным месторождением этого минерала является гора Кристал-Пик, расположенная по соседству с горой Пайкс-Пик в шт. Колорадо. Он встречен также, хотя и не в таком количестве, в Кашмире и на Урале. Несмотря на название, этот минерал не встречается в районе реки Амазонки в Южной Америке. Это объясняется тем, что голубовато-зеленый полевой шпат спутали с каким-то другим зеленым минералом, возможно жадом.

Искристые солнечные камни происходят из округа Модок в шт. Калифорния в США, с реки Селенги, впадающей в озеро Байкал, в СССР, и из Тведестранна в Норвегии.

Разновидности альбита, окрашенные в зеленый цвет примесью жада, описаны на стр. 466, а синтетическая шпинель, имитирующая лунный камень,— на стр. 202.

34
Прочие драгоценные камни

Амблигонит

Амблигонит является литиево-алюминиево-фтор-гидроксильным фосфатом с формулой $LiAl(F,OH)PO_4$, который кристаллизуется в триклинной сингонии. Название этого минерала происходит от греческих слов ἀμβλύς (тупой) и γωνία (угол), указывающих на габитус его кристаллов. Кристаллы амблигонита имеют одно направление хорошей спайности. По цвету они варьируют от почти бесцветных до бледно-розовых, желтых и голубоватых. Физические свойства изменяются с изменением отношения фтора и гидроксила. Крайние значения наименьшего показателя преломления могут быть 1,572 и 1,606, а наибольшего — 1,589 и 1,636; величина двупреломления меняется от 0,017 до 0,030. Знак меняется от отрицательного до положительного, а плотность — от 3,1 до 3,0. Твердость по шкале Мооса равна 6. Для бледно-желтых драгоценных кристаллов неизвестного местонахождения (вероятно, из бразильских штатов Сан-Паулу или Минас-Жерайс) отмечены величины показателей преломления 1,61 и 1,64 (двупреломление 0,026) и плотность от 3,01 до 3,03. Амблигонит встречается в гранитных пегматитах вместе с турмалином и другими литиевыми минералами.

Андалузит

Андалузит соперничает с зеленой разновидностью хризоберилла — александритом по дихроичности, но не обладает способностью последнего изменять цвет при искусственном освещении. Андалузит встречается в виде чистых зеленых кристаллов, которые после огранки могут привлечь внимание знатоков драгоценных камней. Ювелирные разности андалузита встречаются редко, их можно спутать с аналогичным по окраске турмалином. Название минерала происходит от испанской области Андалузии, где он впервые был найден.

По химическому составу андалузит представляет собой силикат алюминия с формулой Al_2SiO_5. Чистый андалузит бесцветен, но присутствие примесей неизменно придает ему различную окраску.

Чистые разности после огранки имеют цвет от оливково-зеленого до бурого. Андалузит кристаллизуется в ромбической сингонии, причем кристаллы его обычно имеют форму почти квадратной призмы с базальной гранью. Минерал оптически двуосный, отрицательный. Острая биссектриса угла между оптическими осями параллельна ребрам призмы. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,629 до 1,641 и от 1,640 до 1,648, причем двупреломление соответственно уменьшается от 0,011 до 0,007. Цвета абсорбции, отвечающие направлениям, совпадающим с осью индикатрисы, параллельной ребрам призмы,— зеленый, красный и зеленый. Красный цвет абсорбции, который так резко контрастирует с зеленым цветом камня, слабо различим при наблюдении сквозь грани призмы; в этом направлении он в лучшем случае красновато-зеленый, но в направлении, параллельном ребрам призмы, красный цвет различим весьма явственно. Эту ориентировку следует иметь в виду, планируя огранку камня. Если желательно показать наиболее отчетливо красную окраску, то площадку следует располагать под прямым углом к ребрам призмы. Андалузит имеет стеклянный блеск. Его плотность колеблется от 3,12 до 3,18, а твердость равна $7^1/_2$ по шкале Мооса, т. е. больше, чем твердость кварца.

Андалузит легко спутать с турмалином, но их можно различить, если тщательно измерить на рефрактометре показатели преломления: андалузит имеет более высокое светопреломление и значительно более низкое двупреломление, а также более высокую плотность. Некоторые образцы ярко-зеленого, сильно плеохроичного андалузита, который, как полагают, происходит из Бразилии, имеют весьма характерный спектр поглощения с несколькими резкими линиями в зеленой области.

Красивые зеленые и желтовато-коричневые андалузиты встречены вместе с топазами близ Минас-Новас в бразильском шт. Минас-Жерайс; хороший материал происходит также из содержащих самоцветы галечников Цейлона.

Хиастолит (крестовый камень — cross-stone) — интересная разновидность андалузита, образующаяся при метаморфизме глинистых пород и обнаруживающая в разрезах крестообразную или ромбовидную фигуру расположения включений, форма которой постепенно изменяется по длине кристалла. Кристаллы с крестообразной фигурой иногда используются для изготовления амулетов. Благодаря большому содержанию примесей твердость этой разновидности колеблется от 3 до $7^1/_2$ по шкале Мооса. Хорошие экземпляры хиастолита встречены, помимо прочих мест, в окрестностях Нерчинска в Забайкалье. Название «хиастолит» происходит от греческого слова χιαστός (диагонально расположенный).

Апатит

Апатит — наиболее широко распространенный минерал группы фосфатов — встречается в виде кристаллов белого, желтого, зеленого, синего или фиолетового цвета, которые иногда с успехом гранились. К сожалению, этот минерал слишком мягок и не выдерживает продолжительного ношения, а любая из его окрасок может повториться у других, более твердых драгоценных камней. Его название происходит от греческого слова ἀπάτη (обман) из-за разнообразной и вводящей в заблуждение формы его кристаллов. Желтовато-зеленая разновидность, впервые встреченная близ Мурсии в юго-восточной Испании, получила из-за своей окраски название «спаржевый камень». «Мороксит» — название, данное первоначально синим и синевато-зеленым кристаллам из Арендаля в Норвегии и впоследствии распространенное на аналогичные камни из других месторождений. Это название происходит от греческого слова μόροξος (вид «трубочной глины») и не вполне удачно.

Апатит имеет формулу $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl)$. Часть фтора, как показывает формула, неизменно бывает замещена хлором. Хлорапатит, не содержащий или содержащий очень мало фтора, встречается в природе, но он весьма редок по сравнению с обычным фторапатитом. В чистом виде апатит обычно бесцветный, и поэтому кристаллы апатита часто имеют бледную окраску. Цвета апатита — желтый, аквамариновый, голубовато-зеленый, синий, фиолетовый — связаны с присутствием небольших количеств минеральных красящих агентов. Апатит кристаллизуется в гексагональной сингонии, причем имеется плоскость симметрии, перпендикулярная оси симметрии шестого порядка, но ни одна из плоскостей, проходящих через эту ось, не является плоскостью симметрии. Кристаллы обычно короткостолбчатые, оканчиваются базальной гранью (рис. 18, *1*). В соответствии с типом симметрии апатит оптически одноосный, отрицательный. Величины необыкновенного и обыкновенного показателей преломления варьируют соответственно от 1,632 до 1,642 и от 1,634 до 1,646; двупреломление колеблется от 0,002 до 0,004. Ювелирные апатиты имеют низкие значения этих констант. Блеск стеклянный, но может быть и смоляным. Дихроизм обычно слабый, но у некоторых разновидностей может быть сильным. Например, синие камни из бирманских рубиновых копей имеют два цвета — синий и желтый, соответствующие необыкновенному и обыкновенному показателям преломления. Плотность варьирует от 3,17 до 3,23. Апатит является стандартом 5 баллов твердости по шкале Мооса; он мягче, чем стальной нож. В ограненном виде некоторые апатиты можно спутать с турмалином, но их легко отличить по исключительно малому двупреломлению, даже если их светопреломление мало

отличается от светопреломления турмалина. Турмалин даже при дневном освещении почти всегда дает две четкие тени на рефрактометре при вращении камня на плотном стекле, в то время как у апатита даже при монохроматическом освещении тени различаются с трудом.

Мощные фосфатные отложения, которые образовались при накоплении остатков животных и их фекалий в течение огромных периодов времени, встречаются на земном шаре почти повсеместно и имеют большое практическое значение для сельского хозяйства как удобрения. Лишь небольшая часть фосфатов в них раскристаллизована и представлена апатитом; большая же часть непрозрачна, так что ювелирный материал среди осадочных фосфатов не встречается. Непрозрачные кристаллы апатитов достигают огромных размеров. Так, один из них, найденный в округе Оттава в провинции Квебек в Канаде, весил около 250 кг и имел 2 м в поперечнике. В небольших количествах апатит встречается также в изверженных и метаморфических горных породах[1].

Красивые фиолетовые апатиты встречены в Эренфридерсдорфе в Саксонии, в Славкове в Чехословакии, в кантоне Тессин в Швейцарии и в Оберне в шт. Мэн в США. Синие и синевато-зеленые апатиты присутствуют в содержащих самоцветы галечниках Цейлона и в рубиновых копях в Могоке в Бирме. Апатиты цвета морской волны известны из Аджмера и Девады в Индии, а желтые апатиты — из Серро-де-Меркадо, Дуранго, Мексика.

Аксинит

Более тонким ценителям камней смело можно рекомендовать минерал аксинит, известный типичной формой своих кристаллов (рис. 130). Название его происходит от греческого слова αξίνη (топор). Он обладает приятными окрасками, такими, как гвоздично-коричневая, медово-желтая и, реже, темная фиолетово-синяя, причем они усиливаются сильным дихроизмом.

[1] Здесь автор допустил неточность. Огромные месторождения апатита, залегающие среди щелочных сиенитов Хибинских тундр на Кольском полуострове, сейчас интенсивно разрабатываются. Кроме того, очень богаты апатитом некоторые карбонатиты, из которых ведется добыча, иногда попутно с железными рудами или редкоземельными минералами. Апатит легко отделяется флотацией от силикатных минералов, и месторождение может с выгодой эксплуатироваться, даже если содержание апатита не превышает 10—15%. Таковы, в частности, апатитсодержащие габбро в районе Улан-Удэ.

Вместе с тем нельзя не согласиться с автором в том, что ювелирный апатит весьма редок. Все перечисленные выше месторождения содержат очень мелкие кристаллы, и только в пегматитовых жилах апатит образует крупные прозрачные кристаллы, пригодные для ювелирных изделий.— *Прим. ред.*

Аксинит является сложным кальциево-алюминиевым боросиликатом с формулой $(Ca, Mn, Fe)_3Al_2BO_3(Si_4O_{12})OH$. Колебания состава, в частности присутствие таких окрашивающих агентов, как железо и марганец, отражаются на гамме окрасок этого самоцвета. Кроме того, аксинит бывает иногда жемчужно-серым. Аксинит кристаллизуется в триклинной сингонии, и поэтому оси или плоскости симметрии в его кристаллах отсутствуют. Кристаллы обычно уплощенные и имеют клинообразную или топорообразную форму. Минерал оптически двуосный, отрицательный; двупреломление небольшое. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,674 до 1,684 и от 1,684 до 1,696 соответственно. Максимальное двупреломление при этом слегка возрастает — от 0,010 до 0,012. Аксинит обладает сильным плеохроизмом: главные цвета — бледный оливково-зеленый, фиолетово-синий и светло-коричневый. Блеск сильный, стеклянный. Плотность колеблется от 3,27 до 3,29, а твердость почти такая же, как у кварца, т. е. 7 по шкале Мооса или несколько меньше. В пламени паяльной трубки аксинит легко плавится, при этом он вспучивается.

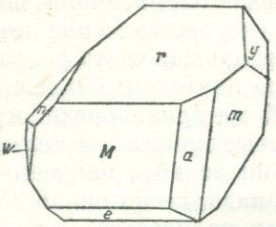


Рис. 130. Кристалл аксинита; различные кристаллографические формы — все пинакоиды.

Аксинит образуется при внедрении расплавленного изверженного материала в ранее сформировавшиеся известняки. Отличные кристаллы аксинита найдены в Сен-Кристофе в Высоких Альпах, а недавно красивый фиолетовый аксинит встречен в Розбери в округе Монтагью на острове Тасмания. Из других месторождений можно упомянуть Боталлэк в Корнуолле, Хоуксберг близ Оттавы в Канаде, Бэтлхем в шт. Пенсильвания, Колд-Спринг в шт. Нью-Йорк, округ Сан-Диего в шт. Калифорния в США и Верхнюю Калифорнию.

Бенитоит

Новый потенциальный драгоценный сапфирово-синий минерал был открыт в начале 1907 г. Он получил название «бенитоит» по местности, где он был найден,— округу Сан-Бенито в Калифор-

нии в США. Сначала его приняли за сапфир, и многие камни подверглись огранке и были проданы как сапфиры.

По химическому составу бенитоит является бариево-титановым силикатом и имеет формулу $BaTiSi_3O_9$. Цвет минерала устойчивый и связан, вероятно, с присутствием титана. Окраска колеблется от бесцветной до сапфирово-синей и фиолетовой в зависимости от размера камней. В кристаллографическом отношении минерал представляет исключительный интерес, так как его кристаллы являются единственным примером кристаллов тригональной сингонии, обладающих плоскостью симметрии, перпендикулярной оси симметрии третьего порядка. В соответствии с типом симметрии бенитоит оптически одноосный, положительный. Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления равны 1,757 и 1,804 соответственно. Двупреломление высокое — 0,047. Дисперсия для интервала B — G большая: 0,039 для обыкновенного и 0,046 для необыкновенного луча. В этом отношении бенитоит соперничает с алмазом. Бенитоит характеризуется сильным дихроизмом, причем цвет, соответствующий обыкновенному лучу,— белый, а необыкновенному лучу — от серовато-синего до индигового в зависимости от общей окраски камня. Поэтому, чтобы обеспечить наилучший цветовой эффект при огранке, камень следует располагать так, чтобы направление кристаллографической оси лежало в плоскости площадки. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 3,65 до 3,69, а твердость равна приблизительно 6,5 по шкале Мооса, т. е. несколько меньше, чем твердость кварца.

На первый взгляд бенитоит легко спутать с сапфиром, потому что оба эти минерала имеют сходную окраску и почти одинаковое светопреломление. Однако бенитоит имеет заметно меньшую плотность (3,67) по сравнению с плотностью сапфира (4,00). Характерной отличительной особенностью бенитоита является его сильная голубая флюоресценция при облучении коротковолновым ультрафиолетовым светом. Сапфир же почти не реагирует на ультрафиолетовое облучение любой длины волны. Ограненный камень можно отличить также по показателям преломления: величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления для бенитоита равны 1,757 и 1,804, а для сапфира — 1,773 и 1,756, и поэтому наблюдается не только значительное различие в величине двупреломления (0,047 для бенитоита и 0,008 для сапфира), но различны также и оптические знаки этих минералов. Вследствие этого при вращении камня на рефрактометре тень, остающаяся неподвижной, соответствует меньшему показателю преломления в случае бенитоита и большему — в случае сапфира. Бенитоит немного мягче сапфира, но испытание на твердость рекомендовать нельзя. Следует иметь в виду, что из-за сравнительной мягкости бенитоита этот камень лучше не использовать для колец. Кроме

того, в отличие от сапфира бенитоит легко плавится в пламени паяльной трубки, образуя прозрачное стекло.

Бенитоит был найден в ассоциации с другим редким минералом титана—нептунитом, имеющим формулу $(Na, K)_2 (Fe, Mn) Ti (SiO_3)_4$ и встреченным ранее лишь в Гренландии. Оба минерала приурочены к маломощным натролитовым жилам в хребте Дьябло, в истоках реки Сан-Бенито, в округе Сан-Бенито в Калифорнии (США). Несмотря на тщательные поиски, бенитоит не был обнаружен за пределами этого района. Найдено несколько камней весом до 1,5—2 каратов. Наиболее крупный из них, совершенно не имеющий изъянов камень весом свыше 7 каратов примечателен тем, что почти в три раза превышает по весу следующий за ним по величине камень. Он находится в коллекции Музея Соединенных Штатов в Вашингтоне.

Бериллонит

Как указывает название, драгоценный камень, известный как бериллонит, является минералом бериллия; в химическом отношении это бериллиево-натровый фосфат, имеющий формулу $NaBePO_4$. Его сложно ограненные кристаллы, которые иногда бывают сдвойникованными, близки к кристаллам ромбической сингонии, хотя тщательное изучение их строения указывает, что они в действительности относятся к моноклинной сингонии. Они обладают совершенной спайностью, параллельной одной из плоскостей симметрии. Кристаллы обычно прозрачные и бесцветные, но иногда имеют слабый желтоватый оттенок. Они, как и следовало ожидать, оптически двуосные; оптический знак — отрицательный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления — 1,553 и 1,565. Дисперсия (B — G) очень небольшая, всего 0,010. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 2,80 до 2,85. Твердость относительно невелика — 5 по шкале Мооса.

Бериллонит — редкий минерал. Ювелирные разности встречены лишь в одном месторождении Стонхем в шт. Мэн в США, где они ассоциируются с бериллом и фенакитом.

Цинковая обманка (сфалерит)

Минерал, известный как цинковая обманка, или, как его еще называют, сфалерит, иногда встречается в виде крупных и чистых кристаллов, которые можно огранить; благодаря высокому светопреломлению и большой дисперсии получающиеся камни весьма привлекательны. Однако редкость действительно хорошего материала, небольшая твердость и трудности, возникающие при огран-

ке из-за хорошей спайности, не позволяют этому минералу завоевать прочную репутацию драгоценного камня. Название «обманка» (blende) — немецкое наименование этого минерала, которое происходит от blenden — обманывать, так как он часто встречается вместе с минералом галенитом (сульфидом свинца PbS), с которым его часто путают, хотя цинковая обманка в отличие от галенита не содержит свинца. Название «сфалерит» происходит от греческого слова σφαλερός (обманчивый) и имеет тот же смысл.

Цинковая обманка проста по химическому составу, являясь сульфидом цинка с формулой ZnS; в ней почти неизменно присутствуют и другие элементы, в частности железо, кадмий и марганец. Если бы сфалерит был совершенно чистым, он был бы бесцветным, но прозрачные разности его обычно имеют желтовато-коричневый цвет, а черные разности почти непрозрачны. Минерал кристаллизуется в кубической сингонии и имеет шесть направлений совершенной спайности параллельно граням ромбододекаэдра. Кристаллическая структура сфалерита близка к структуре алмаза. Цинковая обманка не обладает двупреломлением, а ее показатель преломления колеблется от 2,368 до 2,371. Дисперсия для интервала B — G равна 0,156 и более чем в три раза превышает дисперсию алмаза. Блеск от алмазного до смолистого. Некоторые цинковые обманки обнаруживают резко выраженную триболюминесценцию. Плотность колеблется от 4,08 до 4,10, а твердость по шкале Мооса равна 3—4. Цинковую обманку можно распознать по высокому светопреломлению и по небольшой твердости.

Сфалерит, являющийся наиболее важной цинковой рудой, встречается во всех областях земного шара, часто в ассоциации с сульфидом свинца галенитом (PbS), и в некоторых районах залежи этих минералов достигают огромных размеров. Ювелирный материал сравнительно редок; его находили главным образом в горах Пикос-де-Эуропа в Испании и в шт. Сонора в Мексике. Благодаря своему высокому показателю преломления и изотропности достаточно чистые и бесцветные образцы сфалерита могут заменить высокопреломляющее стекло в рефрактометрах и расширить диапазон измерений на них, так как показатель преломления стекла рефрактометров даже в оптимальном случае меньше, чем показатель преломления сфалерита.

Бразилианит

Минерал бразилианит был впервые описан в 1945 г. Материал ювелирного качества был найден в пегматитах в бразильском штате Минас-Жерайс. В химическом отношении он является водным натрово-алюминиевым фосфатом с формулой $NaAl_3(OH)_4(PO_4)_2$.

Он кристаллизуется в моноклинной сингонии и имеет светлый зеленовато-желтый цвет. Это просвечивающий или прозрачный минерал. Его показатели преломления колеблются в следующих пределах: наименьший от 1,598 до 1,602 и наибольший от 1,617 до 1,623. Оптический знак положительный, двупреломление варьирует от 0,019 до 0,021. Плотность колеблется от 2,94 до 3,00. Твердость 5 по шкале Мооса. Бразилианит обладает совершенной спайностью по пинакоиду. Камень бриллиантовой огранки весом 19 каратов находится в Американском музее естественной истории в Нью-Йорке; другой, еще больший камень весом 23 карата имеет огранку под изумруд. Бразилианит найден также в округе Графтон в шт. Нью-Гэмпшир в США.

Касситерит

Минерал, известный как касситерит, или оловянный камень, обычно непрозрачен, но иногда встречается в виде достаточно крупных чистых прозрачных кристаллов, которые после огранки приобретают весьма привлекательный вид. Название «касситерит» происходит от греческого слова κασσίτερος (олово). Римлянам Корнуэлл, богатый месторождениями этого минерала, был известен как Касситеридес.

Касситерит имеет очень простой химический состав: это окись олова SnO_2. Ювелирные разности бесцветные, желтые, коричневые и прозрачные, но обычно касситерит имеет черную или бурую окраску и непрозрачен. Он кристаллизуется в тетрагональной сингонии и принадлежит к той же кристаллографической группе минералов, в которую входят циркон и рутил. Кристаллы касситерита, как правило, призматические и венчаются пирамидами. Иногда они образуют коленчатые двойники. В соответствии с типом симметрии касситерит одноосный, положительный. Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления равны 1,997 и 2,093; двупреломление большое (0,096), хотя и меньше, чем у сфена. Дисперсия велика и достигает для обыкновенного луча 0,071 ($B - G$). Блеск алмазный. Плотность прозрачных кристаллов около 6,7—6,8, но достигает 7,1 для непрозрачных масс. Касситерит мягче кварца (твердость 6—7 по шкале Мооса), но он достаточно тверд, что позволяет изготавливать из него украшения. При определении ограненных касситеритов не возникает трудностей, так как высокая плотность отличает их от других оптически похожих драгоценных камней. Касситерит является почти единственным источником металлического олова и поэтому высоко ценится как руда. Он образуется из горячих флюидов, поднимающихся из недр земли, и обычно ассоциируется с кварцем, плавиковым шпатом, топазом, турмалином, апатитом и ак-

синитом, но в ряде мест, например в Малайзии, Индонезии и Тасмании, он концентрируется в россыпях. Хорошо известны месторождения касситерита в Корнуэлле, Саксонии, Австралии, Боливии, Малайзии и Мексике.

Кордиерит, или иолит

Этот минерал отличается четким дихроизмом, причем его цвета — дымчато-голубой и желтовато-белый — выражены столь резко, что заметны невооруженным глазом. Ему присвоены многочисленные названия: «иолит» (употребляется, возможно, чаще, чем «кордиерит», для обозначения ювелирных разностей), «дихроит», «водяной сапфир» и «рысий сапфир». В начале XIX в. минерал очень неудачно называли «испанский лазулит», но позже этот термин был отброшен. Название «кордиерит» дано в честь Пьера Луи Антуана Кордьера, название «иолит» происходит от греческого слова ἴον (фиолетовый), что указывает на окраску минерала, а название «дихроит» — от греческого слова δίχροος (двуцветный), что подчеркивает замечательное свойство этого минерала. Неудачные названия «водяной сапфир» и «рысий сапфир» употребляются на Цейлоне для обозначения светло-синих и темно-синих камней соответственно.

Цвет кордиерита синий различных оттенков. В химическом отношении это магнезиальный (железистый) алюмосиликат, имеющий формулу $(Mg, Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$. Природный минерал часто содержит гидроксил. Кристаллы его относятся к ромбической сингонии, имеют короткопризматический габитус и иногда сдвойникованы так, что кажутся гексагональными. Имеется направление хорошей спайности, параллельное главной грани в зоне призмы. В соответствии с симметрией кристаллов кордиерит оптически двуосный, по большей части отрицательный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,532 до 1,541 и от 1,540 до 1,549 соответственно, причем двупреломление остается равным 0,008. Отмечены и более высокие значения показателей преломления. Блеск стеклянный. Как уже указывалось, кордиерит — отчетливо плеохроичный минерал. Направлениям наименьшего, среднего и наибольшего показателей преломления соответствуют желтоватый, светло-синий и темно-синий цвета. В направлении, параллельном ребрам призмы, цвет темно-синий, а в поперечных направлениях он желтоватый или светло-синий. Некоторые образцы кордиерита с Цейлона характеризуются пятнистостью в связи с присутствием многочисленных включений мельчайших пластинчатых кристаллов гематита.

Плотность кордиерита около 2,58—2,60, но отмечены и более высокие значения — до 2,66. Твердость 7 по шкале Мооса, т. е. почти такая же, как у кварца или немного ниже.

Кордиерит относится к тому типу кристаллов, которые должны граниться таким образом, чтобы площадка располагалась под прямым углом к ребрам призмы; в этом случае получается наиболее густая окраска. Однако его часто обрабатывают и полируют, но не часто подвергают огранке. Крупный обработанный образец весом 177 г, который находился прежде в коллекции Хоукинса, экспонируется в Галерее минералов Британского музея естественной истории.

Прекраснейшие образцы кордиерита найдены в содержащих самоцветы галечниках Цейлона. Другие месторождения — шт. Мадрас, Бирма и Мадагаскар. Кордиериты описаны также из северо-западной Канады, Норвегии, Финляндии и Баварии.

Данбурит

Весьма близкий к топазу как в кристаллографическом, так и в химическом отношении, данбурит уступает по всем статьям своему роскошному и привлекательному родственнику, и его нельзя всерьез считать драгоценным камнем. Наилучшим образом окрашенные темно-желтые камни не могут сравниться с яркими желтыми топазами, и их подвергают огранке просто из любопытства. Минерал получил название по месторождению, где он впервые был встречен,— Данбери в шт. Коннектикут в США.

Данбурит является кальциевым боросиликатом с формулой $CaB_2(SiO_4)_2$ и встречается в виде кристаллов ромбической сингонии; углы между гранями. у него почти такие же, как у топаза, но в отличие от последнего он не обладает совершенной спайностью. Большинство кристаллов данбурита почти бесцветны, но встречаются кристаллы, окрашенные в бледно- или темно-желтый цвет. В соответствии с симметрией кристаллы данбурита оптически двуосные, причем плоскость оптических осей параллельна базису. У кристаллов топаза плоскость оптических осей параллельна плоскости симметрии, расположенной в зоне призмы. Данбурит интересен в том отношении, что угол оптических осей у него настолько близок к прямому, что кристаллы имеют отрицательный знак для красно-зеленой части спектра, но положительны в синей области видимого спектра. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления обычно равны 1,630 и 1,636, но могут варьировать на 3 единицы в третьем десятичном знаке. Дисперсия для интервала B — G низкая и равна лишь 0,016. Блеск стеклянный, но на полированных поверхностях алмазный. Под воздействием ультрафиолетовых лучей дан-

бурит флюоресцирует небесно-голубым светом точно так же, как и алмаз, а при нагревании он фосфоресцирует красноватым светом. Плотность почти точно равна 3,00 с возможными отклонениями на 0,01; твердость такая же, как у кварца, а именно 7 по шкале Мооса. В пламени паяльной трубки данбурит плавится, окрашивая окислительное пламя в зеленый цвет.

Как минералу данбуриту не повезло. Он обладает двумя основными качествами драгоценного камня — довольно высокой твердостью и высоким светопреломлением. Однако при образовании данбурита в него не попали красящие агенты, и он не имеет привлекательной окраски, за исключением, возможно, желтой. От топаза данбурит легче всего отличить по плотности. Так, например, в иодистом метилене данбурит плавает, а топаз — тонет. Двупреломление данбурита меньше, чем у топаза. На рефрактометре данбурит дает картину, близкую к картине апатита.

Один великолепный камень, найденный в Могоке, ныне находится в Британском музее естественной истории. Ступенчато ограненный, совершенно прозрачный, без дефектов, с красивой винно-желтой окраской, он весит 138,61 карата и имеет размеры $3{,}18 \times 2{,}96 \times 1{,}52$ см. Его показатели преломления равны 1,633, 1,636 и 1,639, а плотность — 2,998.

Кроме месторождения в Коннектикуте, бесцветные, белые или желтые кристаллы данбурита найдены в Могоке в Верхней Бирме. Желтые кристаллы, иногда густоокрашенные, встречены на Мадагаскаре, а небольшие бесцветные кристаллы — в Бунго в Японии. Довольно много бесцветных (и несколько розовых) кристаллов найдено недавно на свинцовом руднике «Чаркас» в шт. Сан-Луис-Потоси в Мексике.

Датолит

Датолит близок к данбуриту по химическому составу и дает сходный ювелирный материал, но его гранят только как своеобразную редкость. Из бесцветных камней его превосходит корунд, топаз и даже кварц, а встречающиеся иногда желтоватые и зеленоватые камни слишком бледны, чтобы быть красивыми. Кроме того, датолит обладает небольшой дисперсией, а его мягкость делает его непригодным для изготовления украшений. Название минерала происходит от греческого слова δατεῖσθαι (разделять) и указывает на зернистую текстуру его массивных разновидностей (коричневому массивному датолиту иногда придают форму кабошона).

Датолит является кальциевым боросиликатом с формулой $CaB[SiO_4](OH)$, и его чистые кристаллы бесцветны. Иногда наблюдаются слабые оттенки желтого или зеленого цвета. Кристаллы относятся к моноклинной сингонии и соответственно оптически

двуосные, отрицательные. Плоскость оптических осей параллельна плоскости симметрии. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны приблизительно 1,625 и 1,669. Светопреломленне почти такое же, как у данбурита, но двупреломление, равное 0,044, значительно выше. Дисперсия ($B - G$) равна 0,016. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 2,90 до 3,00 (несколько меньше, чем плотность данбурита). Но твердость датолита много ниже — лишь 5 по шкале Мооса или несколько больше. В пламени паяльной трубки датолит легко плавится, окрашивая пламя в яркий зеленый цвет и вспучиваясь.

От других сходных драгоценных камней, близких по светопреломлению, датолит легко отличить по его относительно большому двупреломлению.

Наилучший ювелирный материал происходит из Хабахталя близ Зальцбурга в Австрии. Другие месторождения датолита — Тироль, Гарц, а также шт. Нью-Джерси, Мичиган и Массачусетс в США.

Диопсид

Диопсид (старые названия, ныне почти вышедшие из употребления,— «малаколит» и «алалит») может рассматриваться как драгоценный материал, так как он дает красивые камни бутылочно-зеленого цвета, которые высоко ценятся, по крайней мере в тех районах, где их находят. Название «диопсид» заимствовано из французского языка и происходит от греческих слов δις (двойной) и ὄψις (обличье), что подчеркивает эффект, наблюдаемый в этих камнях и связанный с двупреломлением. Название «малаколит» происходит от греческого слова μαλακός (мягкий) — имеется в виду, что этот минерал мягче, чем встречающийся вместе с ним полевой шпат. Название «алалит» происходит от названия месторождения Ала, где этот минерал впервые был обнаружен.

По химическому составу диопсид является преимущественно кальциево-магниевым силикатом с формулой $CaMg(SiO_3)_2$; часть магния неизменно замещена некоторым количеством железа, и по мере возрастания содержания железа диопсид переходит в геденбергит, формула которого $CaFe(SiO_3)_2$. Название «геденбергит» дано в честь Людвига Геденберга, впервые описавшего этот минерал. Чистый диопсид бесцветен, но в природе он всегда окрашен в зеленоватые тона из-за присутствия железа. Иногда диопсид содержит хром, и в этом случае имеет очень красивый ярко-зеленый цвет. С увеличением содержания железа цвет становится более темным, а прозрачность уменьшается. Геденбергит — очень темно-зеленый, почти черный и практически непрозрачный минерал.

Диопсид является членом семейства пироксенов — важных породообразующих минералов, куда входят также энстатит, сподумен и жадеит. Основой кристаллической структуры этих минералов являются связанные между собой в цепочки кремнекислородные тетраэдры, располагающиеся параллельно вертикальной оси кристаллов и обусловливающие спайность по призме, причем две группы плоскостей спайности располагаются почти под прямым углом друг к другу. Некоторые члены этого семейства минералов кристаллизуются в ромбической сингонии (например, энстатит), но большинство, в том числе диопсид, принадлежит к моноклинной сингонии. Кристаллы диопсида обычно призматические, обладают множеством граней. Кроме обычной для пироксенов спайности, может развиваться и отдельность, параллельная базису. Иногда диопсид имеет волокнистый характер и, будучи ограничен должным образом, обнаруживает переливчатую игру цветов. В соответствии с симметрией кристаллов диопсид оптически двуосный. Плоскость оптических осей параллельна плоскости симметрии кристаллов, а биссектриса острого угла между оптическими осями составляет с вертикальной осью угол от 38 до 48°. В зависимости от количества присутствующего в минерале железа показатели преломления ювелирных разностей колеблются от 1,671 и 1,699 (наименьший) до 1,702 и 1,726 (наибольший), причем двупреломление (положительное) слегка уменьшается от 0,028 до 0,024. Величины тех же показателей преломления для геденбергита возрастают до 1,732 и 1,751 при величине двупреломления 0,019. У густо окрашенных камней можно заметить дихроизм, но он не очень отчетлив. Блеск стеклянный. Плотность ювелирного материала колеблется от 3,27 до 3,31 и возрастает до 3,6 у геденбергита. Твердость 5—6 по шкале Мооса.

Цветом диопсид весьма напоминает бутылочное стекло и тектиты, но отличается от них по двупреломлению, которое легко установить по раздвоению противоположных ребер ограненного камня, если их разглядывать сквозь площадку. Оливин (перидот) отличается оливковыми тонами окраски и более высоким двупреломлением, хотя по общему светопреломлению эти минералы довольно близки.

Красивые бутылочно-зеленые диопсиды издавна известны в долине Ала в Италии, в Циллертальских Альпах в Тироле, в Де-Калбе в шт. Нью-Йорк и в других районах США. Недавно драгоценные разности диопсида обнаружены в шт. Минас-Жерайс в Бразилии, в галечниках на Цейлоне, на Мадагаскаре и в Бирме. Ярко-зеленый диопсид, содержащий хром, обнаружен в синей земле в Кимберли в Южной Африке. Ювелирные изумрудно-зеленые хромдиопсиды из Оутокумпу имеют довольно низкие показатели преломления ($\alpha=1{,}668$, $\gamma=1{,}700$). Красивые зеленые хромдиопсиды, дающие эффект «кошачьего глаза», происходят

из Бирмы. В Индии обнаружены черные звездчатые диопсиды, дающие при соответствующем освещении четырехлучевую звезду.

Следует упомянуть два минерала, родственных диопсиду и используемых в декоративных целях. Это диаллаг и смарагдит. «Диаллаг» — старинное название зеленого пироксена с пластинчатой отдельностью, имеющего почти такие же состав и плотность, как и диопсид. Диаллаг мягче диопсида: его твердость только 4 по шкале Мооса. Название пришло из французского языка и происходит от греческого слова διαλλαγή (чередоваться), указывающего на своеобразную отдельность этого минерала. «Смарагдит» — устаревший термин, которым обозначают диопсид, более или менее полно превращенный в роговую обманку. Название связано с тем, что этот минерал имеет изумрудно-зеленый цвет.

Диоптаз

Диоптаз обладает очаровательным изумрудно-зеленым цветом, но он редко образует достаточно крупные, пригодные для огранки кристаллы. Кроме того, он довольно мягок, а его отличная спайность затрудняет обработку и ношение этого камня. Диоптаз сначала принимали за изумруд. После того как установили истинную природу этого минерала, ему дали название «диоптаз» от греческих слов διά (сквозь) и ὀπτός (видимый), потому что внутри кристаллов различимы зарождающиеся трещины спайности. «Медный изумруд» — нежелательное название этого минерала.

В химическом отношении диоптаз является силикатом меди с формулой H_2CuSiO_4. Цвет минерала красивый изумрудно-зеленый. Диоптаз кристаллизуется в тригональной сингонии, и кристаллы его интересны тем, что обладают ограниченной симметрией с осью симметрии третьего порядка и центром симметрии. Тот факт, что диоптаз часто обладает пироэлектрическими свойствами, заставляет предполагать, что даже эта степень симметрии возникает вследствие повторного двойникования. Имеется отличная спайность, параллельная граням основного ромбоэдра. Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления колеблются от 1,644 до 1,658 и от 1,697 до 1,709 соответственно. Диоптаз оптически одноосный, положительный. Двупреломление колеблется от 0,053 до 0,051. Дисперсия ($B - G$) — 0,022. Блеск стеклянный. Плотность 3,27—3,35. Твердость 5 по шкале Мооса, и поэтому диоптаз легко царапается стальным ножом.

Диоптаз относится к числу редких минералов и не имеет промышленного значения. Хорошо ограненные природные кристаллы пользуются большим спросом скорее как коллекционный материал, а не как драгоценные камни. Красивые образцы найдены в Казахстане и на многих золотых приисках в Забайкалье в СССР.

Хорошие кристаллы происходят с реки Ниари в Конго и из Намибии. Из других местонахождений можно упомянуть Резбанью в Румынии, Копиапо в Чили и Кордову в Аргентине.

Эканит

В 1952 г. Эканайаке с Цейлона прислал на оценку в Англию темно-зеленый кабошон со слабым астеризмом. Отправитель полагал, что данный камень является новым минералом. Камень оказался аморфным и поэтому мог быть стеклом, но он содержал многочисленные включения, которые были ориентированы по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Исследования показали, что минерал содержит значительное количество радиоактивного элемента тория. В результате изучения в конце концов было доказано, что это новый метамиктный минерал; он получил название по имени первооткрывателя. Формула минерала $(Th, U)\,(Ca, Fe, Pb)_2Si_8O_{20}$. Показатель преломления равен 1,597, а плотность — 3,280. При нагревании до 1000°С можно получить упорядоченную кристаллическую структуру с тетрагональной симметрией (объясняющей ориентацию включений). С тех пор были найдены и другие образцы этого минерала в галечниках с самоцветами в Ратнапуре.

Энстатит

Когда в синей земле, содержащей алмазы, нашли небольшие зеленые камни, их начали гранить и продавать под названием зеленых гранатов, что явилось вдвойне недопустимым, так как, во-первых, эти камни не имели никакого отношения к гранатам, а во-вторых, зеленые гранаты известны под названием деманоидов. При этом, возможно, полагали, что если красный гранат можно назвать капским рубином, то не будет ошибкой назвать и другой камень не своим именем. Описываемые камни обладают красивой зеленой окраской, но редко превышают по весу 2 карата и поэтому не часто поступают на рынок. Их название происходит от греческого слова ἐνστάτης (противник) из-за их огнеупорных свойств, а название «гиперстен» (железистый член ряда, включающего энстатит) происходит от греческого слова ὑπερσθένος (очень стойкий) и имеет тот же смысл.

Энстатит является членом семейства пироксенов. Все члены этого семейства напоминают друг друга по формам кристаллов, даже если последние относятся к разным сингониям. Энстатит по составу является магнизиально-железистым силикатом с формулой $(Mg, Fe)\,SiO_3$. С увеличением содержания железа он пере-

ходит в гиперстен. Чисто магнезиальный энстатит не имел бы окраски, но в нем всегда присутствует железо, которое обусловливает обычный зеленый цвет этого минерала, хотя густая зеленая окраска южноафриканских камней частично связана с присутствием хрома. Кристаллы энстатита относятся к ромбической сингонии и обычно имеют призматическую форму с направлениями хорошей спайности параллельно граням призмы. Имеется также отдельность, параллельная плоскости симметрии в зоне призмы. Энстатит, разумеется, оптически двуосный минерал. Оптический знак энстатита положительный, но одновременно с ростом величины показателей преломления по мере увеличения содержания железа угол оптических осей увеличивается и становится больше 90°, так что гиперстен — оптически отрицательный минерал. Название «бронзит» предложено минералогами для обозначения промежуточных членов ряда, примыкающих к области перемены оптического знака. Наименьший и наибольший показатели преломления увеличиваются от 1,656 и 1,665 по мере увеличения содержания железа, но для зеленых ювелирных камней они равны соответственно 1,665 и 1,674, причем максимальное двупреломление равно 0,009. Плеохроизм выражается в заметном желтоватом оттенке одного из цветов, причем он резче выражен у более густо окрашенных камней. Блеск стеклянный, но на плоскостях спайности жемчужный. Плотность может понижаться до 3,10, но у ювелирных разностей она равна 3,26—3,28. Твердость $5^1/_2$ по шкале Мооса.

По показателям преломления энстатит легко отличается от других драгоценных камней, например демантоидов, которые напоминают его своей окраской. Корнерупин, имеющий почти такие же светопреломление и плотность, отличается от энстатита окраской и отчетливо большим двупреломлением.

Энстатит является составной частью перидотитов и серпентинитов и поэтому встречается в синей земле и даже в некоторых метеоритах. Ювелирные разности впервые были обнаружены в алмазных рудниках в Кимберли, но более крупные экземпляры, правда худшей окраски, добыты в Могоке в Верхней Бирме.

Богатый железом гиперстен обычно непрозрачен и непригоден для огранки, но в тех случаях, когда он содержит блестки брукита, его иногда обрабатывают в виде кабошонов. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления у гиперстена колеблются от 1,673 до 1,715 и от 1,683 до 1,731; плотность также выше — около 3,4—3,5. Плеохроизм выражен значительно резче.

Темно-коричневый звездчатый энстатит, как полагают, происходящий из Южной Индии, дает неправильную шестилучевую звезду, обусловленную присутствием иголочек минерала-примеси, возможно рутила.

Следует упомянуть также об измененном энстатите, имеющем луково-зеленый цвет и по составу приближающемся к серпентину. Из него иногда изготовляют кабошоны. Он имеет значительно более низкую плотность, всего лишь 2,6, а также меньшую твердость — $3^1/_2$—4. Он назван баститом по местности Баст в массиве Гарц, где его впервые обнаружили. Пригодные для огранки образцы найдены также в Бирме.

Эпидот

Наделенный своеобразной желтовато-зеленой окраской, которая сходна с цветом фисташек и уникальна для природных минералов, эпидот иногда гранят, чтобы удовлетворить спрос немногих любителей камня, которых привлекает этот необычный цвет. Эпидот — член семейства, которое получило название «группа эпидота». Все минералы этой группы обладают близкими химическим составом и кристаллической структурой, хотя и кристаллизуются в двух сингониях — ромбической и моноклинной. К первой относится лишь один минерал — цоизит, а вторая включает, помимо эпидота, клиноцоизит, пьемонтит и алланит (или ортит). Все они характеризуются одним направлением совершенной спайности и обычно встречаются в форме призматических кристаллов с многочисленными гранями. Название «эпидот» происходит от греческого слова ἐπίδοτός (добавочный); его дал эпидоту Гаюи, так как одна из сторон основания призмы длиннее другой,— довод скорее изощренный, чем логичный. Цоизит назван в честь барона фон Цоиза, пьемонтит (позднее ошибочно переименованный в пьедмонтит) назван по первичному местонахождению этого минерала — области Пьемонт в Италии, алланит назван в честь Томаса Аллана, а название «ортит» происходит от греческого слова ὀρθός (прямой), так как этот минерал образует тонкие лучистые кристаллы. Название «пистацит» происходит от греческого слова πιστάκια (фисташка) и является другим названием эпидота. Клиноцоизит — минерал с химическим составом цоизита, но с кристаллическими формами эпидота. Тавмавит (хромэпидот) — зеленая хромсодержащая разновидность эпидота — назван по месторождению в Бирме.

Вследствие изоморфного замещения одних элементов другими химический состав эпидота весьма изменчив. Он представляет собой кальциевый алюмосиликат с типовой формулой $Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$. Кальций может замещаться магнием или железом, а алюминий — железом, марганцем или церием и иттрием. С увеличением содержания марганца эпидот переходит в пьемонтит, а с увеличением доли редких металлов — в алланит. Цвет эпидота зеленый, обычно фисташково-зеленый или масляно-зеленый, но

с увеличением содержания железа минерал темнеет и камни становятся почти непрозрачными. Из-за присутствия марганца пьемонтит обладает темно-красным цветом; алланит коричневый до черного.

В соответствии с симметрией кристаллов все члены группы эпидота оптически двуосны, но если у цоизита направления всех трех показателей преломления совпадают с кристаллографическими осями, то у других членов группы два из этих направлений совершенно не связаны с направлениями кристаллографических осей. Собственно эпидот и алланит оптически отрицательны, а пьемонтит и цоизит — оптически положительны. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны 1,733 и 1,768 для чистых камней с хорошей окраской, которые могут подвергаться огранке, но при меньшем содержании железа показатели преломления могут быть меньше — 1,716 и 1,723. Величина максимального двупреломления при этом падает от 0,035 до 0,007. Показатели преломления пьемонтита высокие — от 1,738 до 1,750 и от 1,778 до 1,832; соответственно высоко у него и двупреломление. Эпидот обладает сильным плеохроизмом в зеленом, коричневом и желтом цветах. У пьемонтита цвета плеохроизма красный, фиолетовый и желтый. Алланит не обнаруживает ясного плеохроизма, так как он почти непрозрачен. Дисперсия эпидота ($B - G$) — 0,030, блеск от стеклянного до металлического, на плоскостях спайности жемчужный. Плотность эпидота равна 3,4; у пьемонтита она возрастает до 3,5, а у алланита до 4,2. Твердость около $6\,^1/_2$ по шкале Мооса.

Пригодные для огранки прозрачные кристаллы происходят из Кнаппенвальда близ Зальцбурга в Австрии, из долины Ала в Италии и из Арендаля в Норвегии. Великолепные друзы довольно темных кристаллов обнаружены в начале нашего столетия на острове Принца Уэльского. Прозрачный зеленый клиноцоизит найден в Кении; его показатели преломления равны 1,725 и 1,733, а плотность 3,4.

Эвклаз

Бериллиевый минерал, носящий название «эвклаз», настолько похож по цвету на бледные аквамарины и настолько трудно поддается обработке из-за своей хорошей спайности, что ограненные его экземпляры встречаются редко. Кроме того, это редкий минерал, хотя и не столь редкий, как предполагалось ранее. Образуемые им красивые кристаллы служат украшением минералогических коллекций и представляют большую ценность, чем камни, которые могли бы быть получены из них путем огранки. Название происходит от греческого слова εὐκλάσις (хорошо расщепляю-

щийся). Эвклаз является силикатом бериллия с формулой $Be(Al\ OH)\ SiO_4$. Чистый эвклаз был бы бесцветным; присущая ему окраска — аквамариновая и голубая — связана с присутствием небольших количеств красящих агентов. Он кристаллизуется в моноклинной сингонии, и его элегантные призматические кристаллы с многочисленными гладкими гранями весьма красивы. Эти кристаллы обладают совершенной спайностью, параллельной плоскости симметрии,— свойство, которое, как уже отмечалось ранее, затрудняет их огранку. В соответствии с симметрией эвклаз оптически двуосен. Оптический знак положительный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,651 до 1,658 и от 1,671 до 1,677. Величина двупреломления около 0,019. Блеск стеклянный, но на плоскостях спайности жемчужный. Плеохроизм заметен и проявляется в изменчивости оттенков окраски. Дисперсия невелика, всего лишь 0,016 (B — G). При трении эвклаз электризуется. Плотность равна 3,10, а твердость $7\,^1/_2$ по шкале Мооса. Эвклаз легко отличить от похожего на него по цвету берилла по светопреломлению или плотности. Эвклазы, обладающие различными тонами голубого и зеленого цвета, происходят из богатого минералами района Оуро-Прето в шт. Минас-Жерайс в Бразилии, а также с Уральских гор. Недавно эвклаз обнаружен в Кашмире и в Танзании.

Фибролит, или силлиманит

Минерал, известный под названием «фибролит» (из-за волокнистого характера его впервые найденных образцов) или под другим названием — «силлиманит» (по имени Бенджамена Силлимана) дает ювелирный материал, и несколько камней подверглись огранке как своеобразная редкость. Красивый камень весом 19,84 карата экспонируется в Геологическом музее в Лондоне.

Фибролит имеет такой же химический состав, как и андалузит, и формулу Al_2SiO_5. Обычно он образует плотные массы серовато-коричневого и зеленого цвета, которые напоминают жад. Ювелирный материал обладает бледным сапфирово-синим цветом и весьма похож на так называемый водяной сапфир — разновидность кордиерита. Кристаллы имеют призматическую форму и не обладают конечными гранями. Они принадлежат к ромбической сингонии и имеют одно направление совершенной спайности, параллельное одной из плоскостей симметрии. Фибролит оптически двуосный, причем плоскость оптических осей параллельна спайности. Оптический знак положительный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны 1,658 и 1,677, максимальное двупреломление 0,019. Дисперсия для интервала B — G невелика, всего 0,015. Блеск стеклянный. Фибролит сильно

плеохроирует, причем это явление проявляется главным образом в изменении густоты цветов, а не в их контрастности. Осям индикатрисы соответствуют следующие цвета: в направлении, перпендикулярном плоскости спайности,— бесцветный, в направлении удлинения кристаллов или волокон — сапфирово-синий и в направлении, перпендикулярном двум первым,— бледно-желтый. Вследствие этого кристаллы кажутся синими, если их рассматривать под прямым углом к удлинению, и для лучшего эффекта при огранке камней это направление должно совпадать с плоскостью площадки. Плотность равна 3,25. Твердость кристаллов $7\frac{1}{2}$ по шкале Мооса и превышает твердость кварца, но плотные массы заметно мягче (от 6 до 7) из-за их волокнистости.

Определение фибролита обычно не вызывает затруднений (если придется иметь дело с одним из редких ограненных его образцов), поскольку по светопреломлению он легко отличается от единственных минералов, с которыми его можно спутать,— кордиерита и сапфира. Светопреломление первого значительно ниже, а второго — выше, чем светопреломление фибролита. Однако бледноокрашенный фибролит настолько напоминает окрашенный эвклаз, что различить их далеко не просто. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления в обоих случаях практически одинаковы, и хотя угол оптических осей у фибролита меньше, чем у эвклаза, точно измерить его в ограненном камне трудно. Решить вопрос помогает, к счастью, определение плотности — фибролит имеет большую плотность, чем эвклаз (3,25 по сравнению с плотностью эвклаза 3,10).

Ювелирный материал в виде кристаллов и окатанных галек впервые был обнаружен в ассоциации с рубинами на рубиновых копях в Могоке в Верхней Бирме. Подобный, но подвергшийся коррозии материал издавна находили в галечниках на Цейлоне; здесь его путали с кордиеритом или сапфиром. Некоторые образцы цейлонского фибролита бледного серовато-зеленого цвета состоят из параллельных волокон и дают эффект «кошачьего глаза», весьма напоминающий такой же эффект цимофана — разновидности хризоберилла. Окатанные гальки массивного волокнистого фибролита собраны в долине реки Клируотер в шт. Айдахо в США.

Гамбергит

Редкий бериллиевый минерал, названный гамбергитом в честь Гамберга, найден впервые в южной Норвегии в виде кристаллов, которые были совершенно непригодны для огранки; позднее этот минерал обнаружили на Мадагаскаре, где он встречается в виде крупных бесцветных кристаллов, пригодных для ювелирных изделий.

Химический состав гамбергита необычен. Это борат бериллия с формулой $Be_2(OH)BO_3$. Кристаллы гамбергита относятся к ромбической сингонии и имеют призматическую форму. Они обладают отличной спайностью, параллельной одной из главных граней в зоне призмы. Эти кристаллы бесцветны или имеют серую окраску. Гамбергит оптически двуосный, положительный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,553 до 1,559 и от 1,625 до 1,631 соответственно. Двупреломление равно 0,072, т. е. больше, чем у любого другого драгоценного камня, за исключением сфена и касситерита. Дисперсия ($B - G$) мала, 0,017 для наибольшего показателя преломления, и поэтому ограненные камни не дают игры цветов. Блеск стеклянный. Плотность гамбергита ниже, чем у любых других драгоценных камней, за исключением опала, и равна 2,35. Более того, плотность гамбергита заметно ниже, чем можно было бы ожидать на основании величины его светопреломления,— 1,592. Так, у берилла светопреломление почти такое же — 1,580, однако плотность берилла равна 2,70. Гамбергит несколько тверже кварца, его твердость равна $7^1/_2$ по шкале Мооса.

Значительное двупреломление гамбергита позволяет легко отличать его от других драгоценных камней с близкими показателями преломления — скаполита, бериллонита и берилла. Поскольку ограненный гамбергит весьма напоминает горный хрусталь, он не обладает особыми достоинствами как драгоценный камень, за исключением, пожалуй, своей редкости. Единственное месторождение ювелирного гамбергита расположено в центральной части Мадагаскара.

Идократ

Идократ, или везувиан, встречающийся также в виде плотных масс и известный в этом случае под названием «калифорнит», иногда находили в форме чистых оливково-зеленых или желтовато-коричневых кристаллов, пригодных для огранки. Зеленые плотные массы этого минерала считались жадом. Название «идократ» заимствовано из французского языка и происходит от греческих слов εἶδος (форма) и κρᾶσις (смешанный), так как кристаллы его напоминают другие минералы; два других названия указывают на местонахождения. Впервые этот минерал был обнаружен на Везувии, а жадоподобные массы его известны в Калифорнии. «Ксантит» (от греческого ξανθός — желтый) — название, данное желтовато-коричневому идократу из окрестностей Эмити в шт. Нью-Йорк в США, а «циприн» (от латинского слова cyprius — кипрский; с Кипра в древности вывозили медь) — бледной не-

бесно-голубой или зеленовато-голубой разновидности, содержащей медь и встречающейся в Телемарке в Норвегии.

В химическом отношении идокраз является сложным кальциевым алюмосиликатом, но точная формула его до сих пор не установлена. В его состав входят фтор и гидроксил, а в результате замещения — также некоторые количества магния и железа. Идокраз может содержать бериллий. Цвет минерала обычно желтовато-бурый или зеленый. Он кристаллизуется в тетрагональной сингонии, причем его кристаллы имеют призматическую форму с заостренными концами. Необычно интересно удивительно низкое двупреломление идокраза. Оно может составлять всего 0,001 и редко превышает 0,010. Кроме того, оптический знак идокраза меняется от отрицательного при низких величинах показателей преломления (необыкновенного 1,700 и обыкновенного 1,712) до положительного при больших значениях (обыкновенного 1,716 и необыкновенного 1,721). Обычно идокраз оптически одноосный, как и следует ожидать на основании типа симметрии его кристаллов, но иногда у верхнего предела значений показателей преломления он бывает аномально двуосным. Дихроизм слабый, но может быть установлен иногда по изменению оттенков цвета. Дисперсия ($B - G$) для обыкновенного луча равна 0,019. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 3,35 до 3,45. Твердость около $6\,^1/_2$ по шкале Мооса.

Травяно-зеленый или желтовато-коричневый ограненный идокраз нетрудно спутать с диопсидом или эпидотом; эти камни можно легко различить по их оптическим свойствам. Светопреломление диопсида заметно ниже, а эпидота — заметно выше, чем у идокраза, и, кроме того, они обладают бо́льшим двупреломлением.

Ярко-зеленые и бурые кристаллы происходят из долины Ала в Пидмонте и с вулкана Везувий в Италии, из Церматта в Швейцарии, из долин рек Циллер и Пфитш в Тироле и из бассейна Вилюя. Прозрачные золотисто-коричневые кристаллы встречаются в Лаврентийских горах в восточной Канаде. Плотная разновидность — калифорнит своим зеленым или белым с зелеными прожилками цветом весьма напоминает жад; он найден в округах Бьютт, Фресно и Сискийю в Калифорнии, причем наиболее красивые разности встречены в первом из этих округов. Сходный материал в виде окатанных обломков был известен ранее в Швейцарии; первоначально полагали, что это жадеит. Массивные просвечивающие зеленые образцы из Пакистана образованы срастаниями идокраза и гроссуляра, переходящими в почти чистый гранат. Материал из Якутии, СССР, первоначально определенный как гидрогроссуляр, оказался массивной разновидностью идокраза.

Корнерупин

Никому не приходило в голову, что минерал, впервые обнаруженный в Гренландии и названный корнерупином в честь Корнерупа, когда-либо найдет применение в ювелирном деле. Так думали до тех пор, пока необычные формы этого минерала неожиданно не нашли на Мадагаскаре. Помимо того факта, что количество этого материала ограниченно, корнерупин едва ли будут подвергать огранке, за исключением тех случаев, когда потребуется удовлетворить потребность тех, кто жаждет необычного.

Корнерупин является сложным магнезиальным алюмосиликатом, содержащим также некоторое количество железа, бора и гидроксила, но точная формула этого минерала до сих пор остается предметом обсуждения. В чистом виде он бесцветен, но обычно окрашен в различные тона желтого или коричневого цвета, а образцы с Мадагаскара имеют окраску цвета морской волны. Корнерупин кристаллизуется в ромбической сингонии и образует волокнистые или удлиненно-призматические кристаллы, которые обладают двумя направлениями совершенной спайности, параллельными граням призмы. Он оптически двуосный, отрицательный. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления колеблются от 1,661 до 1,682 и от 1,674 до 1,699. Средний показатель преломления близок по величине к наибольшему, что соответствует отрицательному характеру минерала и небольшому углу оптических осей (от 3 до 48°). Двупреломление колеблется от 0,013 до 0,017. Дисперсия ($B - G$) равна 0,019. Плеохроизм весьма заметен. Кристаллы кажутся зелеными, если их рассматривать в направлении, параллельном удлинениию, и желтыми или красновато-коричневыми — в поперечном удлинению направлении. Поэтому, если хотят выявить это свойство в ограненном камне, то площадку следует располагать параллельно удлинению кристалла. Блеск стеклянный. Плотность обычно колеблется от 3,28 до 3,44, хотя отмечались и большие значения. Твердость $6^1/_2$ по шкале Мооса.

Корнерупин вряд ли можно спутать с каким-либо другим драгоценным камнем, потому что он обладает иными окраской и плеохроизмом, чем энстатит, эвклаз, или перидот, которые имеют близкое светопреломление и плотность.

Чистые зеленые кристаллы найдены в пегматитах на юге Мадагаскара, в галечниках с самоцветами на Цейлоне и в районе Могока в Бирме. Известны образцы из Саксонии, а также из Гренландии, где этот минерал был обнаружен впервые.

Кианит

Окрашенные в синий цвет разности минерала, известного под названиеми «кианит» или «дистен», иногда подвергают огранке, особенно в Индии. Такие камни легко спутать как с сапфиром, так и с аквамарином. Как минерал кианит представляет особый интерес в связи с тем, что в зависимости от направления в кристалле сильно меняется его твердость. Название «кианит» происходит от греческого слова κυανός (синий), название «дистен» — от греческих слов δίς (двойной) и σθένος (крепость) и указывает на неодинаковую твердость по двум разным направлениям.

Кианит, как и фибролит, имеет такой же химический состав, как и андалузит, а именно Al_2SiO_5. Кианит — синий до почти бесцветного, причем окраска часто концентрируется в центре лезвиеобразных кристаллов. Он кристаллизуется в триклинной сингонии. Кристаллы обычно имеют форму длинных уплощенных шестигранных призм с базисом. Совершенная спайность как правило параллельна большей грани призмы, а менее совершенная спайность — грани призмы, расположенной под углом 74° к первой. В связи с отсутствием симметрии в кристаллах оптические свойства не связаны с внешней формой кристаллов. Кианит оптически двуосный, отрицательный. Плоскость оптических осей расположена почти под прямым углом к плоскости совершенной спайности. След этой плоскости на плоскости спайности наклонен под углом около 30° к ребру призмы. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны приблизительно 1,712 и 1,728. Кианит обнаруживает отчетливый плеохроизм. Главные цвета плеохроизма — бесцветный, фиолетово-синий и кобальтово-синий. Блеск стеклянный, но на плоскости спайности жемчужный. Дисперсия ($B—G$) невелика, всего 0,020. Плотность колеблется от 3,65 до 3,69, причем камни с более густой окраской имеют большую плотность. Кристаллы имеют структуру, подобную структуре древесины, и в направлении удлинения твердость равна примерно 4—5 по шкале Мооса, но в поперечном направлении она возрастает до 6—7. Другими словами, стальной нож царапает кристалл по удлинению, но не в поперечном направлении. Это свойство делает кианит уникальным среди минералов.

Как бы ни был похож кианит на сапфир или аквамарин, его легко отличить от них по показателям преломления или по плотности.

Ювелирный кианит найден вместе с сапфирами в Кашмире, а также в Патиале и в Пенджабе в Индии. Он встречается в Бирме. Хорошие кристаллы находили в Швейцарии и в США, особенно в шт. Монтана. Месторождения кианита имеются в Кении.

Пейнит

Прозрачный, густого гранатово-красного цвета кристалл с одним концом, весящий 1,7 г и обнаруженный в галечниках с самоцветами в Могоке в Бирме, оказался новым минералом[1]. Он назван в честь Пейна, который первым распознал его необычную природу. Точный химический состав пейнита до сих пор неизвестен. Кристалл оптически одноосный, $\omega = 1{,}816$, $\varepsilon = 1{,}787$. Цвета плеохроизма меняются от рубиново-красного для световых колебаний, параллельных оптической оси, до коричневато-оранжевого для колебаний, ориентированных перпендикулярно ей. Плотность равна 4,01. Твердость около 8. Химически весьма устойчив. Эти свойства делают возможным использование пейнита как ювелирного материала.

Фенакит

Фенакит — бериллиевый минерал, который получил свое название из-за сходства с кварцем. Название происходит от греческого слова φέναξ (обман). Он кристаллизуется в тригональной сингонии, в классе с осью симметрии третьего порядка и центром симметрии. Ярко выраженная спайность отсутствует. Кристаллы обычно имеют много гладких граней; иногда наблюдаются двойники прорастания. Обычно они чистые и бесцветные, иногда слегка желтоватые. В химическом отношении фенакит представляет собой силикат бериллия с формулой Be_2SiO_4. В соответствии с симметрией он является оптически одноосным минералом, оптический знак положительный. Обыкновенный и необыкновенный показатели преломления равны 1,654 и 1,670 соответственно. Двупреломление равно 0,016, т. е. почти вдвое превышает двупреломление кварца. Дисперсия для интервала B—G равна 0,015; это несколько выше, чем у кварца. Блеск стеклянный. Плотность варьирует от 2,95 до 2,97. Твердость фенакита близка к твердости топаза и колеблется от $7\,^1/_2$ до 8 по шкале Мооса.

Бесцветный фенакит более пригоден для огранки, чем сходный с ним кварц, поскольку он тверже и обладает бо́льшим светопреломлением. Тем не менее он не пользуется большим спросом, так как почти полностью лишен игры цветов. Определение показателей преломления позволяет легко отличить фенакит от кварца, и с изобретением рефрактометра эти минералы перестали путать.

Прекрасный фенакит издавна добывался на Изумрудных копях восточнее Свердловска на Урале в СССР, где он встречается

[1] *G. F. Claringbull, M. H. Hey, C. J. Payne*, Mineralogical Magazine, 1957, vol. XXXI, p. 420—425.

совместно с хризобериллом. Кристаллы, иногда окрашенные в бледно-красные тона, найдены в районе Сан-Мигель-де-Пирацикаба в шт. Минас-Жерайс в Бразилии. Недавно чистые кристаллы фенакита найдены в горах Кисваити к востоку от Мпвапвы в Танзании.

Поллуцит

В шт. Мэн в США встречается минерал, до некоторой степени сходный с гамбергитом; он получил название «поллуцит». Из-за отсутствия игры цветов этот минерал не представляет большого интереса и гранится лишь как минералогическая редкость. Первоначально он назывался поллуксом; это название заимствовано из античной мифологии из-за того, что поллуцит встречался совместно с редким минералом лития, называвшимся «кастор» («петолит»). Впоследствии название приобрело современное написание с обычным для названий минералов окончанием.

В химическом отношении поллуцит представляет собой алюмосиликат цезия с формулой $H_2Cs_4Al_4(SiO_3)_9$. Он кристаллизуется в кубической сингонии и иногда встречается в форме кубов; минерал бесцветный или слегка серый. Показатель преломления образцов с Эльбы равен 1,517, а образцов из шт. Мэн — 1,525. Дисперсия низкая, лишь 0,012 для интервала B — G. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 2,85 до 2,94. Твердость $6^1/_2$ по шкале Мооса. По показателю преломления и отсутствию двупреломления поллуцит легко отличить от кварца, а по низкой дисперсии — от стекла.

Впервые поллуцит был встречен на острове Эльба, но ювелирный материал происходит из шт. Мэн в США.

Пренит

Назван в честь полковника фон Прена, который впервые обнаружил этот минерал. Пренит встречается в виде сростков кристаллов, окрашенных в различные тона зеленого цвета; масляно-зеленые разности его иногда подвергали огранке. Материал из Южной Африки неправильно называли капским изумрудом.

В химическом отношении пренит является гидратированным алюмосиликатом кальция с формулой $H_2Ca_2Al_2(SiO_4)_3$. Он легко плавится, вспучиваясь в пламени паяльной трубки, и близок к группе минералов, называемых цеолитами (от греческих слов ζεῖν — кипеть и λιθος — камень), но в отличие от последних обезвоживается при более высокой температуре. Кристаллизуется пренит в ромбической сингонии, но хорошо ограненные кристаллы

встречаются редко. Пренит оптически двуосный, положительный минерал. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления равны 1,615 и 1,645, а максимальное двупреломление — 0,030. Однако из-за агрегатности желваковых масс пренита на рефрактометре видна только неясная тень, исчезающая приблизительно при 1,63. Блеск стеклянный. Плотность колеблется от 2,80 до 2,95. Твердость 6 по шкале Мооса.

Пренит широко распространен в вулканических породах, но как украшение он используется редко. Хороший материал известен из Бур-д'Уазана в Высоких Альпах, с мыса Колони в Южной Африке, из шт. Коннектикут и других районов США, из Проспекта близ Сиднея в Австралии, из Ренфру в Шотландии и из Китая.

Родицит

Найденный первоначально в виде окрашенных в розовый цвет масс на Урале, редкий минерал родицит впоследствии был встречен в виде желтоватых и зеленоватых кристаллов на Мадагаскаре; он может подвергаться огранке как минералогическая редкость. Название минерала происходит от греческого слова ῥοδίζειν (быть похожим на розу) и связано с тем, что он придает красный цвет пламени паяльной трубки.

В химическом отношении родицит является боратом калия (цезия, рубидия) и алюминия и имеет формулу $KAl_2B_3O_8$. Он кристаллизуется в кубической сингонии, но его кристаллы не обладают полной симметрией и дают пироэлектрический эффект. Показатель преломления равен 1,69, плотность 3,40, твердость 8 по шкале Мооса. Можно отметить, что из драгоценных камней только алмаз, корунд и хризоберилл тверже, чем родицит. Блеск стеклянный, приближающийся к алмазному. Родицит легко определяется по показателю преломления.

Родизит встречается в окрестностях Свердловска на Урале и на Мадагаскаре.

Рутил, анатаз, брукит

В природе окисел титана TiO_2 встречается в трех различных кристаллических модификациях, соответствующих трем разным кристаллическим структурам, стабильным при обычных температурах; это рутил, анатаз (или октаэдрит) и брукит. Они иногда встречаются в виде достаточно чистых и крупных кристаллов, пригодных для огранки, но ни один из этих минералов не обрабатывают (за редкими исключениями). Название «рутил» происходит от латинского слова rutilus (красный) и указывает на встре-

чающуюся иногда окраску этого минерала. Название «анатаз» происходит от греческого слова ἀνάτασις (протяжение) и подразумевает большую, чем у других кристаллов тетрагональной сингонии, вытянутость бипирамиды его кристаллов. Другое название — «октаэдрит» — обязано своим происхождением обычной форме кристаллов этого минерала — восьмигранной тетрагональной бипирамиде. Брукит назван в честь Генри Джеймса Брука. Элемент титан впервые был открыт в рутиле.

Как рутил, так и анатаз кристаллизуются в тетрагональной сингонии, но отличаются соотношением осей симметрии и габитусом кристаллов. Кристаллы рутила напоминают кристаллы касситерита — они зачастую призматические и заостренные и иногда коленчатые вследствие двойникования. Брукит кристаллизуется в ромбической сингонии. Все три минерала обладают алмазным или металлическим блеском. Цвет рутила красновато-коричневый до красного и иногда желтоватый. Анатаз коричневый до черного в непрозрачных разностях. Брукит — желтоватый и также бывает черным в непрозрачных разностях.

Рутил оптически одноосный, положительный минерал. Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления равны 2,616 и 2,903. Двупреломление колоссальное — 0,287. Плотность варьирует от 4,18 до 4,25, а твердость — от 6 до $6^1/_2$ по шкале Мооса. Весьма близкие величины получены и для почти бесцветных синтетических камней, плотность которых равна 4,23.

Анатаз также оптически одноосный минерал, но оптический знак его отрицательный. Значения показателей преломления ниже, чем у рутила,— необыкновенный и обыкновенный показатели преломления равны 2,493 и 2,554 соответственно. Двупреломление значительно меньше, чем у рутила,— 0,061. Плотность также ниже и колеблется от 3,82 до 3,95. Твердость $5^1/_2$ по шкале Мооса.

Брукит обладает своеобразными оптическими свойствами. Это двуосный положительный минерал, но угол оптических осей у него равен 55° для красного света литиевого пламени, уменьшается до 30° для желтого света натрового пламени и сокращается до 0° для желтовато-зеленого света, так что для этого света кристалл становится оптически одноосным; он вновь становится двуосным с углом 34° для зеленого таллиевого пламени, но этот угол открывается в перпендикулярной плоскости. Наименьший и наибольший показатели преломления равны 2,583 и 2,741. Двупреломление равно 0,158. Оптические свойства брукита являются промежуточными между свойствами рутила и анатаза. Плотность колеблется от 3,87 до 4,01, а твердость — от $5^1/_2$ до 6 по шкале Мооса.

Из этих трех минералов рутил наиболее широко распространен, а анатаз в целом встречается чаще, чем брукит (имеются

в виду драгоценные разновидности). Ограненный синтетический рутил можно определить на глаз по его большой дисперсии и большому двупреломлению.

Скаполит

Семейство минералов, сгруппированных под общим названием «скаполит», впервые стало рассматриваться как источник драгоценных камней, когда приблизительно в 1913 г. в Бирме открыли розовые их разновидности. Впоследствии их репутация еще более упрочилась, когда в 1920 г. они были обнаружены на Мадагаскаре, а затем, десятью годами позже, в Бразилии.

В химическом отношении скаполиты являются натрово-кальциевыми алюмосиликатами, содержащими некоторое количество хлора. Подобно гранатам и полевым шпатам, скаполиты могут рассматриваться как изоморфные смеси двух конечных членов — мариалита $Na_4Cl(Al_3Si_9O_{24})$ и мейонита $Ca_6(SO_4, CO_3)(Al_6Si_6O_{24})$. Кристаллы скаполитов неизменно относятся к тетрагональной сингонии. Сходство с полевыми шпатами становится более наглядным, если формулу скаполита выразить в форме 3 (альбит) NaCl и 3 (анортит) $CaCO_3$. Когда скаполиты были впервые обнаружены и описаны, их соотношения сразу не были установлены и поэтому был предложен ряд названий для разновидностей, рассматривавшихся как различные минеральные виды. Ныне принято использовать название «скаполит» для обозначения всего семейства, а к конечным и промежуточным членам ряда прилагают другие названия. Название «скаполит» происходит от греческого слова σκάλος (стержень) и связано с обычной для этих минералов формой кристаллов. Название «мейонит» происходит от греческого слова μειον (малый), потому что грани пирамиды в кристаллах менее заострены, чем у кристаллов идокраза, с которым мейонит был впервые встречен. Название «мариалит» происходит от имени Мария, поскольку обнаруженный впервые минерал имел незапятнанно чистый белый цвет.

Скаполит кристаллизуется в тетрагональной сингонии, причем кристаллы его имеют призматическую форму и обладают четырьмя направлениями хорошей спайности, параллельными граням в зоне призмы. В чистом виде скаполит был бы бесцветным, и цвет ювелирных разностей зависит от присутствия красящих агентов. Камни с Мадагаскара и из Бразилии имеют желтую окраску, меняющуюся от бледной до (для бразильских камней) густой золотистой. Камни из Бирмы обладают различными цветами — белым, розовым, желтым и фиолетово-синим; все они, за исключением желтых, дают эффект «кошачьего глаза». Скаполит оптически одноосный отрицательный минерал. Интересно отметить, что двупреломление, которое имеет наибольшее значение для

скаполита, обогащенного мейонитовой составляющей, уменьшается настолько быстро, что чистый мариалит, вероятно, положителен по оптическому знаку. Величины необыкновенного и обыкновенного показателей преломления равны 1,545 и 1,555 для скаполита, обогащенного мариалитовой составляющей. Они неуклонно возрастают до 1,555 и 1,577 у скаполита с преобладанием мейонитовой составляющей. Скаполит, особенно его фиолетово-синие разности, сильно дихроичен. Дисперсия для интервала $B - G$ низкая, 0,017. Под воздействием ультрафиолетового излучения скаполит флюоресцирует бледно-желтым светом. Блеск сильный, стеклянный. Значения плотности возрастают от 2,57 до 2,74. Твердость около 6 по шкале Мооса, но может снижаться до 5 в результате изменения минерала. Приводим следующие величины показателей преломления и плотности для ювелирного материала различной окраски: бледно-желтый 1,549, 1,570, 2,68; густой желтый 1,552, 1,574, 2,70; бледно-розовый 1,549, 1,570, 2,67; фиолетово-синий 1,544, 1,560, 2,63.

Розовый скаполит можно спутать с розовым бериллом, а золотисто-желтые камни напоминают берилл и хризоберилл аналогичной окраски. Измерения показателей преломления устранят какие-либо сомнения, поскольку скаполит имеет ощутимо более низкое светопреломление, а если он в этом отношении приближается к бериллу, то все же обладает значительно более высоким двупреломлением.

Ювелирный материал в форме кристаллов и окатанных галек встречен вместе с рубинами на рубиновых копях в Могоке в Верхней Бирме. Розовые камни из-за присущего им сияния названы розовым лунным камнем. Здесь встречались также белые, желтые и фиолетово-синие камни. Крупные желтые камни различной густоты окраски обнаружены вместе с бериллом, имеющим сходный облик, на Мадагаскаре и в шт. Эспириту-Санту в Бразилии. Желтый ювелирный скаполит описан недавно в Умбе в Танзании. Ограненные или шлифованные образцы скаполита различной окраски показаны на цветном фото X.

Сингалит

История открытия этого весьма похожего на оливин камня и его свойства описаны на стр. 368.

Сфен

Обладая высоким светопреломлением, изумительной дисперсией и отчетливым плеохроизмом (у густоокрашенных камней), сфен, или титанит, как его иначе называют, мог бы достичь высо-

кого положения в ряду драгоценных камней, несмотря на свою сравнительную мягкость, если бы пригодный для ювелирных целей материал встречался в достаточных количествах и обеспечил бы этому камню широкую известность. Название «сфен» происходит от греческого слова σφήν (клин) и дано этому минералу из-за формы его природных кристаллов. Другое название — «титанит» — дано этому минералу потому, что он содержит элемент титан, который был ранее открыт в минерале рутиле. Название элемента происходит от греческого слова τιτᾶνες (исполины), обычного для греческой мифологии. Под названием «сфен» перво-

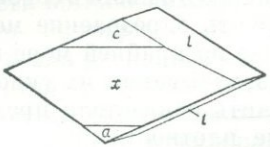


Рис. 131. Кристалл сфена.

начально были описаны желтые камни, и этот термин обычно прилагался к светлым камням, а название «титанит» первоначально относилось к темным коричневым до черных камням, и этот термин продолжали использовать для обозначения такого материала, хотя и не ограничивались строго именно таким пониманием.

Сфен является кальциево-титановым силикатом с формулой $CaTiSiO_5$ и похож на недавно открытый драгоценный камень бенитоит. Достаточно крупные и прозрачные камни, которые могут использоваться в ювелирном деле, имеют желтую, зеленоватую или коричневую окраску. Непрозрачный материал — черный или темно-коричневый. Сфен моноклинный (рис. 131) и обладает довольно хорошей спайностью в двух направлениях, параллельно граням призмы, а также отдельностью, связанной с полисинтетическим двойникованием. Сфен двуосный, положительный минерал. Плоскость оптических осей параллельна плоскости симметрии. Показатели преломления слишком высоки и не могут быть измерены на обычном рефрактометре. Они колеблются от 1,885 до 1,915 и от 1,990 до 2,050. Двупреломление варьирует от 0,105 до 0,135. В этом отношении сфен превосходит большинство других драгоценных камней. Дисперсия необычайно высока — 0,051 для интервала $B - G$, и в этом отношении сфен превосходит алмаз, уступая лишь демантоиду, касситериту и цинковой обманке. По величине дисперсии все эти камни превосходят синтетический рутил, который является достаточно чистым и светлым и обнаруживает это свойство во всей полноте. Дихроизм сфена отчетливый у густоокрашенных камней. Цвета, соответствующие направлениям главных показателей преломления,— бесцветный, зеленовато-желтый (в направлении оси симметрии) и красновато-

желтый. Поэтому при огранке темного камня необходимо, чтобы площадка располагалась под прямым углом к направлению, в котором один из цветов бесцветен. Благодаря высокому светопреломлению блеск сфена алмазный. Плотность ювелирного материала колеблется от 3,52 до 3,54. По твердости сфен соответствует апатиту или несколько тверже, т. е. твердость его равна 5—5 $^1/_2$ по шкале Мооса. Сфен поэтому царапается стальным ножом, но тем не менее при соблюдении разумной осторожности его можно носить в подвесках или в серьгах.

Сфен можно определить практически на глаз по особому оттенку желтого или коричневого цвета в совокупности с необычайной игрой цветов. Подтвердить определение может видимое невооруженным глазом удвоение по крайней мере некоторых ребер ограненного камня при разглядывании их сквозь площадку, а также невозможность определить показатели преломления на рефрактометре или определение плотности.

Пригодный для огранки сфен обнаружен в Тироле и в районе Зальцбурга в Австрии, в районе перевала Сен-Готард в Швейцарии, в округе Ренфру в Канаде и в шт. Пенсильвания и Мэн в США. Недавно ювелирный материал был найден в округе Сан-Диего в Калифорнии, а кристаллы сфена, содержащего хром и меняющие окраску от изумрудно-зеленой до желтой и темно-коричневой, встречены в Нижней Калифорнии. Крупные желтовато-зеленые кристаллы из окрестностей города Капелинья в шт. Минас-Жерайс обычно сильно трещиноваты и дают мало материала, пригодного для огранки.

Сподумен

Сподумен был мало известен как драгоценный камень до тех пор, пока не обнаружили красивые голубовато-розовые камни, получившие название «кунцит». Очаровательная изумрудно-зеленая разновидность — гидденит — была давно известна минералогам, но поскольку единственным его источником была небольшая залежь, которая вскоре истощилась, нельзя было ожидать, что этот камень получит признание как драгоценный материал.

В химическом отношении сподумен представляет собой литиевый алюмосиликат с формулой $LiAl(SiO_3)_2$ и интересен тем, что содержит довольно редкий элемент литий. По составу сподумен близок к жадеиту. Он принадлежит к моноклинной сингонии, и кристаллы его имеют призматическую форму (рис. 132). В зону призмы входит пинакоид, параллельный плоскости симметрии, и два направления совершенной спайности; грани призмы часто исштрихованы и покрыты бороздками. Цвет обычно почти белый, желтоватый или зеленоватый. Иногда он бывает голубовато-розо-

вым (кунцит) или изумрудно-зеленым до бледного желтовато-зеленого (гидденит). Сподумен оптически двуосный, положительный минерал. Величины наименьшего и наибольшего показателей преломления сильно различаются у минералов из разных месторождений. Для обычного сподумена они равны соответственно 1,654 и 1,669, повышаясь до 1,664 и 1,679 с увеличением густоты окраски. Для кунцита эти величины равны 1,660 и 1,675, а для гидденита — 1,662 и 1,676. Двупреломление при этом остается почти одинаковым — 0,015. Блеск стеклянный, но на плоскостях спайности жемчужный. Дисперсия для интервала $B - G$ невелика — 0,017. Плотность обычно колеблется от 3,17 до 3,19, но может достигать 3,23. Твердость 7 по шкале Мооса или несколько меньше.

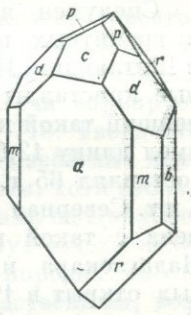


Рис. 132. Кристалл сподумена.

Примечательной чертой сподумена является его отчетливый дихроизм. Цвета, соответствующие наименьшему, среднему и наибольшему показателям преломления: для кунцита — фиолетовый, аметистовый и бесцветный; для гидденита — голубовато-зеленый, изумрудно-зеленый и желтовато-зеленый. Направление, отвечающее среднему показателю преломления, совпадает с осью симметрии, в то время как направление, соответствующее наибольшему показателю преломления, наклонено под углом около 25° к ребру призмы и почти перпендикулярно главной грани, лежащей вне зоны призмы. Вследствие этого в направлении ребра призмы видимая окраска является комбинацией двух ярких цветов, в то время как в направлении, перпендикулярном указанному, т. е. перпендикулярном граням призмы, один из цветов разбавлен более слабым. Только немногие минералы имеют такой красивый дихроизм, как кунцит. Если его разглядывать сквозь пару граней призмы, он мало привлекателен, но появление красивой фиолетовой окраски, если смотреть на него вдоль ребра призмы, дает поразительный контраст. Еще одно оптическое свойство сподумена — его отчетливое свечение при освещении ультрафиолетовыми лучами. Кунцит фосфоресцирует под действием излучения радия.

Из-за отчетливого дихроизма, свойственного кунциту, гидденциту и окрашенным разновидностям обычного сподумена, площадку при огранке камня необходимо располагать приблизительно под прямым углом к ребру призмы. Этого достаточно для получения нужного эффекта, хотя, как было указано выше, максимальный эффект выявляется в направлении, наклоненном под углом 25° к ребру призмы. Кроме того, при механической обработке этих камней следует соблюдать осторожность, чтобы их не разрушить, а также чтобы не появились трещины по спайности, которые могут испортить внешний вид камня.

Два ограненных камня — красивый кунцит и очаровательный гидденит весом 61,7 и 2,5 карата соответственно — экспонируются в Галерее минералов Британского музея естественной истории.

При тщательном измерении показателей преломления не возникает затруднений в определении сподумена. Драгоценные камни, близкие к сподумену по значениям показателей преломления,— эвклаз и фибролит — отличаются цветом и обладают соответственно меньшей и большей плотностью. Следует также помнить, что характерную окраску кунцита нельзя спутать с окраской других минералов.

Сподумен является главной рудой лития. Он встречается в гранитных пегматитах во многих районах земного шара — в Шотландии, Ирландии, США, на Мадагаскаре и т. д. Непрозрачные кристаллы сподумена достигают огромных размеров. Крупнейший такой кристалл найден в шт. Южная Дакота в США. Он имел длину 12,6 м и размеры в поперечнике 13×2×1 м, и вес его составлял 65 т. Гидденит открыт в 1881 г. в округе Александер в шт. Северная Каролина в США. Нигде более не находили сподумена с такой густой изумрудно-зеленой окраской. Гидденит с Мадагаскара имеет бледный желтовато-зеленый цвет. Кунцит был открыт в 1903 г. в Пала в округе Сан-Диего в Калифорнии. Он имел самую разнообразную окраску — от бледно-розовой до густой лилово-синей; кристаллы его достигали веса 150 каратов и встречались вместе с желтым сподуменом. Кроме того, кунцит обнаружен на горе Кохуила в округе Риверсайд в Калифорнии, где относительно бледные камни встречаются вместе с берилом и турмалином, а также в окрестностях города Бранчвилл в шт. Коннектикут и в шт. Мэн. Как кунцит, так и чистый лимонно-желтый сподумен добываются в шт. Минас-Жерайс в Бразилии и на острове Мадагаскар.

Таффеит

Таффеит[1] — минерал, который открыт необычным образом, благодаря проницательности графа Таффи, в чью честь он и назван. В 1945 г. граф Таффи заметил в партии ограненных камней, приобретенных им как шпинели, один камень, в котором можно было слабо, но безошибочно заметить удвоение ребер граней низа, если их рассматривать сквозь площадку. Не имея подходящих инструментов для более тщательного изучения, граф послал

[1] *C. J. Payne*, A new gemstone, The Journal of Gemmology, 1951, vol. III, p. 77—80. *B. W. Anderson*, *C. J. Payne*, *G. F. Claringbull*, Taaffeite, a new beryllium mineral, found as a cut gemstone. With microchemical analysis by M. H. Hey, Mineralogical Magazine, 1951, vol. XXIX, p. 765—772.

камень в Лабораторию драгоценных камней в Лондон, где определили физические константы камня и нашли, что они отличаются от констант каких-либо известных минералов. Камень тогда передали в Минералогический отдел Британского музея для более внимательного изучения с помощью рентгеноструктурного и микрохимического анализов, для чего с согласия владельца от камня отпилили небольшой кусочек. Химический состав таффеита оказался промежуточным между составами шпинели и хризоберилла и ему соответствовала формула $MgBeAl_4O_8$. Его бледный розовато-лиловый цвет связан с присутствием следов железа. Таффеит кристаллизуется в редком трапецоэдрическом классе гексагональной сингонии. Он оптически одноосный, отрицательный минерал. После первой находки обнаружили еще три ограненных камня. Показатель преломления обыкновенного луча варьирует от 1,721 до 1,723, а необыкновенного от 1,717 до 1,718. Твердость 8 по шкале Мооса; плотность 3,61. Поскольку все известные камни были ограничены, их источник остается неизвестным, хотя весьма вероятно, что они найдены в галечниках с самоцветами на Цейлоне. Этот минерал найден также по крайней мере в двух месторождениях в Китае, где он встречается в осадочных породах вместе с флюоритом и нигеритом (сложным окислом, родственным, возможно, ганиту).

Виллемит

Издавна известный как важная цинковая руда, виллемит попал в разряд драгоценных камней, когда нашли чистые и достаточно большие образцы этого минерала, пригодные для огранки. Название свое виллемит получил в 1830 г. в честь короля Нидерландов Вильяма I.

Виллемит является силикатом цинка с формулой Zn_2SiO_4, но обычно часть цинка замещена в нем марганцем. Чистый виллемит был бы бесцветным, но он часто окрашен в различные тона разными минеральными красящими агентами. Например, окраска желтых камней связана с присутствием железа. Виллемит кристаллизуется в ромбоэдрическом классе тригональной сингонии и имеет хорошую спайность, параллельную базису. Это оптически одноосный, положительный минерал. Величины обыкновенного и необыкновенного показателей преломления равны 1,691 и 1,719 соответственно. Блеск стеклянный, приближающийся к жирному. Светлоокрашенные разновидности флюоресцируют бледно-зеленым светом при освещении ультрафиолетовым светом или фосфоресцируют, будучи облучены магниевой вспышкой или излучением радия. Плотность виллемита равна 3,89, но возрастает с увеличением содержания марганца до 4,18. Виллемит мягкий

минерал — твердость его равна $5^1/_2$ по шкале Мооса. Это один из минералов, встречающихся вместе с франклинитом на рудниках «Франклин-Фернес» в шт. Нью-Джерси в США.

Цинкит

Редкий минерал цинкит, названный так в связи с тем, что в его состав входит цинк, иногда образует блестящие красные самоцветы, имеющие причудливую форму и высоко ценимые знатоками драгоценностей. Совершенная спайность и сравнительная мягкость этих камней не допускают небрежного обращения.

Цинкит является красным окислом цинка ZnO, но обычно в нем присутствуют небольшие количества окиси марганца MnO. Как правило, он встречается в виде листоватых масс или неправильных зерен; кристаллы исключительно редки. Цвет цинкита густой красный или иногда оранжево-желтый и, без сомнения, связан с присутствием марганца. Цинкит является одним из немногочисленных веществ, кристаллизующихся в дигексагонально-пирамидальном классе гексагональной сингонии, в котором имеется вертикальная ось симметрии шестого порядка и шесть вертикальных плоскостей симметрии, но отсутствует горизонтальная плоскость симметрии или центр симметрии. В соответствии с типом симметрии цинкит является оптически одноосным, положительным минералом. Обыкновенный и необыкновенный показатели преломления равны соответственно 2,013 и 2,029. Двупреломление 0,016. В связи с высоким светопреломлением блеск цинкита почти алмазный. Плотность кристаллов цинкита равна 5,68. Твердость от 4 до $4^1/_2$ по шкале Мооса, т. е. цинкит немного тверже флюорита. Имеется совершенная спайность, параллельная базальной грани *c*(0001).

Ювелирный цинкит встречен лишь на хорошо известных рудниках «Франклин-Фернес» в шт. Нью-Джерси в США. Красивый чистый камень красного цвета со ступенчатой огранкой весом 1,155 карата находится в коллекции минералов Британского музея естественной истории.

Цоизит

Цоизит — кальциевый алюмосиликат, родственный эпидоту, но кристаллизующийся в ромбической сингонии. Розовая разновидность цоизита — тулит (от старинного названия Норвегии), окраска которого связана с присутствием следов марганца, издавна известна как красивый декоративный камень. Цоизит сильно плеохроичен; цвета плеохроизма — светло-розовый, темно-

розовый и желтый. Наименьший показатель преломления α варьирует от 1,690 до 1,703, а наибольший γ — от 1,700 до 1,725. Лучшие образцы цоизита происходят из района Телемарк в южной Норвегии. Зеленая цоизитовая порода из Танзании с кристаллами красного корунда носит название «аниолит». В Танзании добывался также бесцветный до светло-коричневого цоизит, но наиболее впечатляющей недавней находкой являются чистые кристаллы, пригодные для огранки и обладающие очень красивым голубовато-фиолетовым цветом, которые получили название «танзанит». Подобно тулиту, танзанит сильно плеохроичен. Цвета плеохроизма — красновато-фиолетовый, темно-синий и желтовато-зеленый. Показатели преломления равны: $\alpha=1{,}692$, $\beta=1{,}695$, $\gamma=1{,}701$ — и располагаются в пределах значений, отмеченных для тулита. Твердость 6 по шкале Мооса. Плотность 3,5. Соответствующей термической обработкой некоторым бледным кристаллам можно придать характерную окраску.

35
Природное стекло

В этой главе рассматриваются три типа природных стекол, которые можно встретить на поверхности земли. Ни один из них не имеет сейчас сколько-нибудь существенного значения — ни как ювелирный материал, ни как материал для каких-либо других целей. Но в древности, до изобретения искусственного стекла, обсидиан, с которым человек только и был знаком, представлял собой исключительно важный материал для изготовления орудий труда и оружия, а также украшений. Остальные природные стекла — тектит и кварцевое стекло — были открыты гораздо позже; так, наиболее ранняя находка одной из разновидностей тектита относится лишь к XVIII в., и этот материал не находил практического применения. Однако вопрос об образовании тектитов имеет важное научное значение и до сих пор полностью не решен.

Окрашенные обсидианы и в меньшей степени тектиты иногда подвергались огранке, так как имели приятную для глаз окраску. В то же время кварцевое стекло из Ливийской пустыни, хотя и встречающееся в виде крупных и чистых кусков, не представляет ценности как материал для огранки, поскольку не очень красиво, а из-за низкого светопреломления и небольшой дисперсии безжизненно и лишено игры цветов даже в ограненном виде.

а. Обсидиан

Природное стекло, известное как обсидиан, образуется в результате быстрого охлаждения лавы, что препятствует нормальной кристаллизации. Если бы охлаждение и затвердевание расплавленной массы протекало достаточно медленно, образовалась бы горная порода, состоящая главным образом из кварца, полевого шпата и слюды. С этим природным стеклом были хорошо знакомы еще древние римляне.

Обсидиан, будучи смесью, химически чрезвычайно изменчив. Он обогащен кремнекислотой, содержание которой колеблется от 66 до 77%; содержание глинозема обычно изменяется от 10 до 18%. Обсидиан часто настолько темный, что кажется черным и непрозрачным. Можно встретить также серые, желтые, коричневые и красные разности. Подвергавшиеся огранке разновидности явля-

ются слабо прозрачными и имеют желтовато-коричневую или зеленовато-коричневую окраску. Текстура обсидиана, как правило, неоднородная, с полосками или пятнами, возникающими при начинающейся кристаллизации; встречаются также небольшие пузырьки, образовавшиеся при выделении паров воды. Как и все стекла, обсидиан обладает стеклянным блеском, изотропен, хотя иногда в связи с местными напряжениями может иметь и двупреломление. Показатель преломления колеблется от 1,48 до 1,51, а плотность — от 2,33 до 2,47. Твердость такая же, как и у оконного стекла, а именно 5 по шкале Мооса. Можно отметить, что базальтовое стекло имеет более высокое светопреломление (показатель преломления от 1,58 до 1,65) и более высокую плотность — от 2,70 до 3,00.

Обсидиан часто рассечен сетью дугообразных и полусферических трещин. Такая структура называется перлитовой. При распаде стекла вдоль этих трещин образуются бобовидные или шарообразные частицы, часто называемые мареканитом по типичному месторождению, расположенному близ Охотска в Сибири. Другая структура — сферолитовая, с радиально-лучистыми агрегатами волокон полевого шпата — нередко возникает во время частичной девитрификации. Обсидиан с такой структурой получил название арахисового обсидиана. Сферолиты иногда окрашены гематитом в красный цвет и могут в широких масштабах замещаться агатом.

Окатанные кусочки бутылочно-зеленого стекла, которые собирают на морском берегу, например в Корнуэлле, часто продают под ложным названием «обсидиан». От обсидиана это стекло легко отличить по его прозрачности. Кроме того, оно обладает явно более высокими светопреломлением и плотностью. Подделкой являются и ограненные образцы голубовато-зеленого стекла, не отвечающего по окраске истинному обсидиану.

Общим с обыкновенным стеклом свойством обсидиана является его способность раскалываться на куски с острыми режущими краями, что особенно ценилось первобытным человеком в эпоху, предшествовавшую изобретению металлических орудий. Обсидиан широко использовался древними обитателями Мексики для изготовления предметов мирного и военного обихода — зеркал, масок или фигурок, топоров, ножей, наконечников стрел и копий. Огромные разработки обсидиана, ведущие свое начало из глубокой древности, до сих пор существуют в шт. Идальго; известны разработки в шт. Герреро. Месторождения обсидиана расположены на островах Липари и Вулькано к северу от острова Сицилия, а также в Йеллоустонском национальном парке в США (Обсидиан-Клифф).

б. Тектиты

Рассмотрим другой тип природного стекла. Обсидиан встречается в такой тесной связи с вулканами, что каких-либо сомнений в его вулканическом происхождении никогда не существовало. В то же время вопрос о происхождении другой группы природных стекол — тектитов — порождал много различных теорий, но до сих пор остается нерешенным.

Находки многочисленных небольших кусочков стекла в Чехословакии известны очень давно, еще с 1787 г. Это стекло получило название «молдавит». В связи с отсутствием в этом районе признаков вулканической деятельности стало ясным, что по происхождению оно отличается от обсидиана. Была выдвинута довольно правдоподобная теория, согласно которой молдавит представляет собой куски стекла, оставшиеся на месте доисторических стекловарен, но эту теорию отвергли, когда столетие спустя похожие куски стекла нашли в районах, удаленных от центров древних цивилизаций.

Огромное число небольших, преимущественно уплощенных кусочков природного стекла рассеяно на обширных пространствах южной Австралии, а также Тасмании. Это стекло известно под названием «австралит». Сходное стекло открыто на острове Биллитон, лежащем между островами Сулавеси и Калимантан; оно получило название «биллитонит». Область его распространения, повидимому, охватывает острова Яву и Калимантан, а также Малайзию.

Сходные стекла найдены и в других местах — на Филиппинских островах, в Индокитае, в Колумбии и Перу. Однако в некоторых случаях возникали сомнения, не является ли это стекло обсидианом, т. е. не имеет ли оно в действительности вулканического происхождения. Для обозначения стекол из различных местонахождений использовались многочисленные названия, частично по причине различий во взглядах на их происхождение. Названия, в основе которых лежат собственные географические имена, не нуждаются в объяснениях, например «индосинит», «яванит» или «филиппинит». Бедиасит из шт. Техас в США и ризалит с Филиппинских островов получили свои названия от названий местных племен.

Видимо, существует только одно разумное объяснение такого распространения тектитов, а именно что все такие природные стекла «упали с неба». Но это никоим образом не разрешает всех проблем. Неоднократно наблюдалось падение на Землю твердых тел, которые известны как метеориты. В некоторых отношениях они существенно отличаются от земных объектов. По составу они бывают металлическими и каменными — первые состоят преимуще-

ственно из никеля и железа, а вторые — из пироксена, оливина и небольшого количества полевых шпатов. Точно такие же образования во множестве обнаружены на поверхности земли и близ нее, и можно уверенно полагать, что они также имеют космическое происхождение, но падение их произошло задолго до того, как писалась эта книга и даже задолго до существования человека, так что ныне не сохранилось каких-либо воспоминаний об их падении. Однако тектиты не похожи на метеориты ни по структуре, ни по химическому составу, и падение тектитов никогда не наблюдалось. Так что, хотя теория космического происхождения тектитов общепризнана, остаются некоторые сомнения в ее истинности.

Имеются свидетельства того, что интенсивный разогрев, возникающий при ударе больших метеоритов о поверхность земли, обусловливает плавление минерального вещества близ места падения. Например, в пустыне близ Вабара в Аравии такое соударение вызвало плавление песка. Но подобный механизм также не может объяснить происхождения тектитов, так как их состав в общем не соответствует составу горных пород, распространенных в местах, где их находят. Согласно другой теории, тектиты являются материалом, извергнутым древними вулканами на Луне или происходящим из вещества хвостов комет.

Прозрачный и окрашенный в бутылочно-зеленый или зеленовато-коричневый цвет, молдавит является единственным тектитом, поставляющим ювелирный материал, который называют иногда также бутылочным камнем и водяным хризолитом. Тектиты с Калимантана иногда бывают темно-коричневыми, а тектиты из Колумбии — почти бесцветными, но обычно они черные и непрозрачные. Поверхность их всегда скульптурирована, а австралиты часто имеют уплощенную пуговицеобразную форму. Первичная форма этих образований изменилась во время полета со сверхзвуковой скоростью в земной атмосфере, не сопровождавшегося вращением. Эти тектиты обогащены кремнекислотой (70—77%); соответствующее содержание глинозема — 15—10%. Они, разумеется, оптически изотропны, а величина показателя преломления варьирует от 1,48 до 1,52. Плотность 2,30—2,50, твердость около $5^1/_2$ по шкале Мооса.

Еще одна разновидность стекла найдена близ Куинстауна в западной Тасмании. Она получила названия дарвинского стекла, или куинстаунита. Это стекло содержит гораздо больше кремнезема, чем обычные тектиты,— 86—90%. Содержание глинозема соответственно меньше — 8—6%. Цвет белый или оливково-зеленый до черного. Кусочки этого стекла имеют размеры от крошечных капель до обломков длиной 6 см и обычно содержат пузырьки. Плотность колеблется от 1,85 до 2,30. Эти физические константы дарвинского стекла по своей величине ниже обычных для

тектитов. Происхождение его, по-видимому, связано с плавлением материала в результате удара метеорита, о чем упоминалось выше.

в. Кварцевое стекло

Как мы видели, содержание кремнезема в ряду рассмотренных выше природных стекол заметно возрастало. Этот ряд заканчивается кварцевым стеклом, содержащим почти 98% кремнезема; оно было открыто в конце 1932 г. в Ливийской пустыне. Куски этого природного стекла значительно превышают по размерам тектиты: найденные обломки достигали веса 5 кг. Кроме того, оно значительно прозрачнее и пригодно для выделки граненых камней. Цвет его бледный желтовато-зеленый.

Физические свойства почти такие же, как и у искусственного кварцевого стекла, а небольшие различия обусловлены присутствием примесей. Показатель преломления 1,462, дисперсия (*B—G*) 0,010, плотность 2,21, твердость 6 по шкале Мооса. Из-за низкого светопреломления и небольшой дисперсии этого материала в ограненных камнях трудно ожидать живости и игры цветов. Цвет его также не из тех, которыми обычно восхищаются [1].

[1] Видимо, автор говорит здесь о фульгуритах — следах удара молний в горную породу. Обычно фульгурит — это длинная ветвящаяся масса расплавленной породы с пустотой в центре. При ударе молнии в кварцевый песок вокруг пути удара — пустоты возникает кварцевое стекло (лешательерит); по краям в нем остаются нерасплавившиеся зерна кварца.— *Прим. ред.*

B. ДЕКОРАТИВНЫЕ КАМНИ

В этом разделе описаны материалы, которые обычно непрозрачны, но привлекают своей красивой окраской или текстурой или обеими этими особенностями. Цена большинства из них определяется их цветом; наиболее характерными примерами могут служить бирюза, жадеит, нефрит и ляпис-лазурь. Агат ценится благодаря своей текстуре, а малахит как из-за цвета, так и из-за текстуры.

Эти материалы представляют собой преимущественно тонкокристаллические агрегаты, и многие из них имеют очень сложный состав, являясь скорее горными породами, чем простыми минеральными видами, как, например, ляпис-лазурь, серпентинит и некоторые разновидности жадеитовых материалов. Их, как правило, не гранят, а придают им форму кабошонов (бирюза, некоторые разновидности халцедона) или пластинок (агат, мрамор); кроме того, из них вырезают вазы и статуэтки (жадеит, нефрит, алебастр, серпентинит). Однако четко разделить камни по этим признакам невозможно. Так, флюорит, известный обычно в виде разновидности «блу джон», иногда образует правильные кристаллы, и тогда его гранят для удовлетворения спроса коллекционеров. Цоизит, ранее известный только в виде массивных розовых агрегатов тулита, недавно найден в форме единичных синих кристаллов танзанита. Выделение настоящего раздела, по мнению автора, вполне обоснованно, так как позволяет не рассматривать ряд материалов, например мрамор и мыльный камень, в разделе, посвященном собственно драгоценным камням, которые определяются как камни, «обладающие исключительной красотой и ценностью».

36
Халцедон

Плотные разновидности кремнезема, которые объединяются под общим названием «халцедон», описывались как смесь мельчайших кристаллов кварца и гидратированного кремнезема в аморфной форме (опал). Однако сейчас считается, что халцедон полностью состоит из микрокристаллического кварца с субмикроскопическими порами, содержащими воду или разбавленные растворы солей. Эта разновидность кремнезема варьирует по цвету, внешнему облику и текстуре, что обусловило возникновение большого числа названий. В целом выделяют два основных типа: халцедон, для которого характерна конкреционная структура и сравнительно однообразная окраска, и агат, для которого типично полосчатое сложение с различной толщиной и окраской отдельных полос (цветное фото XI). Каждый тип в свою очередь подразделяется на ряд разновидностей, которым были даны свои собственные названия.

Халцедоном обычно называют образцы, имеющие сероватую окраску. Происхождение этого термина неясно. Возможно, он происходит от названия местности в Малой Азии — Халкедон. Современное значение это слово получило лишь в начале XVI в.

Карнеол, или сердолик (cornelian, или carnelian), представляет собой красноватую или желтовато-красную разновидность халцедона. Название происходит от латинского слова cornum (кизил), употреблявшегося в средние века. Позже карнеолом стали называть также искусственно окрашенный розовый халцедон. Сард — коричневатая разновидность халцедона, но в Библии этим словом обозначался, по-видимому, красный камень. Это название происходит от латинской формы греческого слова σάρδιος (Σάρδεις (Сардис) — названия столицы Лидии в Малой Азии). Гелиотроп (кровавик) — зеленый халцедон с пятнами красного цвета. Одно время гелиотроп использовался как амулет: полагали, что он останавливает кровотечение. Яшма — непрозрачный тонкокристаллический агрегат кварца с большим количеством примесей, окрашенный в красный, желтый или бурый цвет. Для полосчатой яшмы характерно распределение различно окрашенных участков в виде полосок, а для египетской яшмы — в виде зон. Английское название яшмы — jasper — происходит от греческого слова ἴασπις, которое имеет восточное происхождение, но значение которого не-

известно. В древности этим словом обозначали другие камни, а именно полупрозрачный халцедон различной окраски, за исключением красной, причем наиболее ценились зеленые разности.

Часть камней, называемых «празем», представляет собой тусклый луково-зеленый халцедон. Как отмечено в одной из предыдущих глав, этим названием обозначают также кварц, окрашенный в зеленый цвет благодаря присутствию волокон актинолита. Хризопраз — яблочно-зеленая разновидность халцедона, окрашенная окисью никеля. Плазма — ярко-зеленая разновидность халцедона, иногда испещренная белыми пятнами. Образцы карнеола, гелиотропа, хризопраза и плазмы показаны на цветном фото XI.

Кремень (flint) — непрозрачный темный халцедон, раскалывающийся на обломки с острыми режущими краями, что делало его особенно ценным для первобытного человека, который изготовлял из этих обломков оружие и предметы домашнего обихода. Благодаря способности давать искры при ударе о сталь, кремень широко использовался для извлечения огня во времена, предшествовавшие изобретению спичек и детонаторов. Роговик (hornstone) напоминает кремень, но более хрупок и не дает осколков со столь острыми краями. Английским словом chert обозначают кремнистую горную породу.

Агат представляет собой халцедон с характерной полосчатой текстурой. Полоски обычно имеют неправильную форму и часто отражают форму полости, в которой образовался минерал. Их толщина и окраска весьма сильно варьируют, хотя обычно они имеют сероватый цвет. Полагают, что название «агат» происходит от греческого слова Αχάτης, которое является названием реки на острове Сицилия, где этот материал находили во времена Теофраста. Недавно выдвинуто предположение о более раннем, семитском происхождении термина «агат», который связывают с арабским словом Aqiq (буквально — «волосы новорожденного младенца»), названием долины близ Медины [1].

Моховой агат содержит дендритоподобные или моховидные включения волокнистых материалов или окислов марганца. На полированных брусках руинного агата и крепостного агата видны узоры, объясняющие происхождение этих названий. Так называемый исландский агат в действительности является обсидианом. Оникс — разновидность агата с правильными полосками резко различной окраски. Сардоникс — оникс с красными полосками (сарда). Пришлифованный разрез агатового желвака и образцы мохового агата и оникса показаны на цветном фото XI.

Выше мы отмечали, что химически халцедон представляет собой кремнезем, содержащий различное количество воды, но в нем

[1] *E. Sarofim*, Origin of the name Agate, The Journal of Gemmology, 1969, vol. II, p. 203.

всегда присутствуют некоторые примеси. Большинство халцедонов являются микроволокнистыми агрегатами, хотя встречаются и микрозернистые разновидности. Оптические свойства волокон не совпадают полностью с оптическими свойствами кварца. Однако рентгеноструктурные исследования показали, что халцедон сложен исключительно микрокристаллическим кварцем. При изучении халцедона с помощью электронного микроскопа удалось установить, что отдельные волокна представляют собой пучки еще более мелких кристаллов, оптические оси которых располагаются перпендикулярно удлинению волокон. Аномальные оптические и другие физические свойства возникают частично в связи с подобной структурой волокон, а частично в связи с наличием субмикроскопических пор. Бурый цвет большинства халцедонов связан, возможно, с рассеянием света этими порами, в которых содержится предположительно вода и которые обусловливают характерную для халцедона плотность в пределах от 2,58 до 2,64. Проведенные исследования не подтвердили предположения о присутствии в составе халцедонов опала. Показатели преломления (1,533—1,539) и двупреломление у халцедона ниже, чем у крупнокристаллического кварца, благодаря его криптопоровой структуре. Более низкие величины могут быть обусловлены явлением «двупреломления формы». В телах, сложенных анизотропными частицами в изотропной среде, двупреломление формы алгебраически суммируется с собственным преломлением частиц. Субпараллельные волокна кварца в халцедоне создают одноосное положительное двупреломление формы с оптической осью, параллельной удлинению волокон, и это понижает показатели преломления всего агрегата, в котором оптические оси кварца располагаются перпендикулярно удлинению волокон, как описано выше. Твердость халцедона около 7 по шкале Мооса. Халцедон и особенно кремень, если их тереть в темноте, испускают дождь искр — явление, известное под названием триболюминесценции.

Все разновидности халцедона более или менее пористые, что позволяет придавать им различную искусственную окраску. Сама по себе эта практика не вызывает возражений, так как попыток ввести покупателя в заблуждение при этом не отмечается. Но, к сожалению, продавцы склонны изобретать для такого материала названия, которые все же могут обмануть покупателя. Таковы, например, названия «эмеральдин», или «синий лунный камень», обозначающие халцедон, окрашенный в зеленый или синий цвет; «немецкая», «швейцарская» или «ложная ляпис-лазурь» для окрашенной в синий цвет яшмы; «хризопраз» для окрашенного в зеленый цвет агата. Эти названия ныне запрещены международным соглашением. Образцы, окрашенные в зеленый цвет раствором солей хрома, при разглядывании их через фильтр Челси кажутся красными и поэтому могут быть спутаны с изумрудом. Если же зеленая

окраска придается соединениями никеля, такого явления не наблюдается.

Практически все агаты, широко использовавшиеся одно время для изготовления ручек зонтов и других подобных предметов, были искусственно окрашены. Способность поглощать краску связана, вероятно, с количеством пор, а также, возможно, с относительным содержанием воды. Если красящим веществом являются анилиновые красители, получающаяся окраска неустойчива и быстро выцветает на солнце. Разные полоски агата способны поразному абсорбировать красители. Белые слойки плохо абсорбируют пигмент, и искусственное окрашивание полосчатых агатов может дать материал, пригодный для изготовления камей. Когда такие изделия были в моде, для этой цели применялся оникс с черными и белыми полосами: при вырезании камей получалось белое изображение на черном фоне.

Агат, являясь широко распространенным и довольно твердым материалом, находит применение в лабораторной практике. Из него изготовляют опорные призмы точных весов, пестики и ступки, шлифовальные порошки. Уже упоминалось о значении кремня для первобытного человека.

Халцедон встречается во всех районах земного шара. В настоящее время наибольшее количество халцедона добывается в области, простирающейся из северного Уругвая в бразильский штат Рио-Гранде-ду-Сул, в районе озера Верхнего, в ряде западных штатов США, в Индии и на Мадагаскаре. Хризопраз, окрашенный никелем, найден недавно на севере шт. Гояс в Бразилии, где он залегает в виде жил в серпентинитах, а также (в сходных условиях залегания) в Марльборо-Крик в Квинсленде в Австралии. Хризопраз, залегающий в виде жил в серпентинитах, давно известен в районе Собутки в Польше; этот хризопраз содержит до 1,23% NiO. Зеленый халцедон с западного крыла структуры Великой Дайки в Замбии содержит больше хрома, чем никеля. Синий халцедон встречается в полостях в андезитовых конгломератах на востоке Тайваня, а также в Намибии. Из окрестностей Бомбея и с западного побережья Индии происходят почти все разновидности декоративного халцедона — карнеол, гелиотроп, моховой агат, полосчатый агат, оникс и яшма. В прошлом гелиотроп добывался в больших количествах на острове Рам; некоторое количество его было найдено на Гебридских островах, а также в Шотландии.

Агат обычно встречается в миндалинах или полостях в различных изверженных горных породах (и, конечно, в продуктах их выветривания). На плато Декан в Индии материнскими породами являются базальты. Хорошо известные «шотландские гальки» находят в изобилии в речных галечниках и на галечных пляжах в графствах Эйр и Кинкардин; они происходят в основном из андезитовых лав, имеющих возраст, соответствующий времени образова-

ния древнего красного песчаника. Агаты из шт. Орегон и прилежащих штатов США (включая «громовые яйца» индейцев) связаны с риолитами.

Хотя Джон Раскин еще сто лет назад заметил, что «из всех прочих камней агаты рассказывают о большей части своей прошлой истории» [1], происхождение их полосчатости все еще является предметом дискуссий. Кремневые растворы, из которых отлагается материал агата, образуются или на последних стадиях магматической деятельности, или в течение последующего выветривания. Полосчатость, которая может быть столь тонкой, что в 2,5 см укладывается до 20 000 отдельных слойков (как, например, в иризирующем агате), предполагает ритмичную кристаллизацию в геле; часто полосчатость агата рассматривают как кольца Лизеганга, которые образуются в результате периодического осаждения вещества из реагирующих растворов, диффундирующих через коллоидную среду. В XIX в. огранка и шлифовка агатов, начатая еще римскими завоевателями, процветала в городах Идар и Оберштейн на реке Наэ, притоке Рейна. В то время агаты поставлялись из окрестных районов. Когда в конце концов эти источники истощились, промышленные предприятия были модернизированы и сырье стали привозить из Бразилии. На уцелевшей старинной фабрике в Идаре туристам и сейчас показывают старый способ обточки и шлифовки на огромном вертикальном колесе из песчаника, приводимом во вращение падающей водой; рабочий при этом лежит в специальном деревянном седле вниз лицом.

[1] *J. Ruskin*, The Ethics of the Dust, 1865, Lecture IX.

37

Жад, лянис-лазурь и бирюза

а. Жад

Жад, хотя обычно в странах Запада его и не относили к драгоценным камням, широко был известен первобытному человеку и применялся им для изготовления декоративных изделий и утвари; благодаря удивительной красоте многие из этих изделий и в наши дни имеют большую стоимость. По мнению китайцев, жад был предшественником всех драгоценных камней и символизировал пять главных добродетелей: Jin (милосердие), Gi (скромность), Yü (отвагу), Ketsu (справедливость) и Chi (мудрость). Они полагали, что истертый в порошок и смешанный с водой, он является могущественным средством против любых внутренних расстройств, укрепляет телосложение, предохраняет от усталости, продлевает жизнь, а если принят в достаточном количестве перед самой смертью, то препятствует распаду.

«Жад» — это основной термин [1]; строго говоря, жадом называют два различных минерала — нефрит и жадеит, которые могут быть внешне очень похожими. Оба они представляют собой плотный, крепкий, волокнистый или мелкозернистый материал, оба обычно имеют зеленоватый цвет. Кроме того, название «жад» применяется и для обозначения других пород и минералов, например соссюрита, калифорнита, бовенита, плазмы, массивного гидрогроссуляра и вардита, имеющих сходный внешний вид.

1. Нефрит

Нефрит относится к группе амфиболов; название группе было дано Гаюи из-за необычайно изменчивых свойств входящих в нее минералов. Название «нефрит» связано с приписываемой этому камню способностью облегчать ужасные почечные колики.

---

[1] «Жад» — типичный английский термин, отсутствующий в русском языке; он объединяет ряд полупрозрачных однородных мелкозернистых пород, в первую очередь различные жадеититы, нефрититы, гранатиты и др. Термин явно лишний. В русских работах он заменяется точным названием породы.— *Прим. ред.*

Нефрит — член тремолит-актинолитового ряда; тремолит образует камни белого или серого цвета, содержащие очень мало железа или совсем не содержащие его, а актинолит дает зеленые камни, в которых в заметных количествах присутствуют окислы железа. Химическому составу ряда отвечает формула $Ca_2(Mg, Fe)_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$.

Микроскопическое изучение нефрита показало, что он состоит из бесчисленных спутанно-волокнистых кристаллов. Цвет нефрита колеблется от серого до травяно-зеленого и темно-зеленого, может быть желтым, голубым и черным; интенсивность окраски меняется в зависимости от содержания в составе минерала окислов железа; часто присутствующие коричневые полоски являются результатом окисления железа по трещинам в камне. Высоко ценится бледная, хорошо просвечивающая тремолитовая разность нефрита с жирным блеском. Под микроскопом при больших увеличениях в нефрите, как и в других амфиболах, можно различить кристаллы моноклинной сингонии, обладающие совершенной спайностью в двух направлениях, расположенных под углом 124°. В соответствии с сингонией кристаллов нефрит двуосный, отрицательный. Отражательная способность увеличивается в зависимости от содержания железа. Для нефрита наименьший и наибольший показатели преломления колеблются соответственно от 1,600 до 1,614 и от 1,627 до 1,641; максимальная величина двупреломления остается постоянной — 0,027; у некоторых разновидностей показатели преломления несколько выше, чем два приведенных максимальных значения. Окрашенные волокна обладают заметным плеохроизмом от бледно-желтого до зеленого цвета. Однако этот оптический эффект может быть замаскирован из-за малой величины отдельных кристаллов. Плотность колеблется от 2,90 до 3,02. Твердость равна $6^1/_2$ по шкале Мооса, следовательно, нефрит является почти таким же твердым, как обычное стекло, но мягче кварца. При полировке он всегда приобретает жирный блеск.

Месторождения нефрита будут рассмотрены ниже вместе с месторождениями жадеита.

2. Жадеит

Жадеит встречается реже нефрита; китайцы считали его лучшим из всех драгоценных камней. Он является членом большой и разнообразной группы пироксенов, которая по химическому составу близка к группе амфиболов. Кроме жадеита, к группе пироксенов относятся еще три драгоценных камня; сподумен, энстатит и диопсид.

Цвет жадеита — белый, серый, оранжевый, бурый, розовато-фиолетовый, черный и различных оттенков зеленый до изумрудно-

зеленого; по трещинам минерал часто светлеет и приобретает белый цвет. Особенно высоко ценится изумрудно-зеленый жадеит (цветное фото XII), который известен как «императорский жад». Зеленый цвет обусловлен присутствием хрома. Жадеит, подобно нефриту, является чрезвычайно прочным, хотя сложен отдельными короткими толстопризматическими кристаллами и имеет скорее зернистую, чем спутанно-волокнистую текстуру, столь характерную для нефрита. В шлифах видно, что жадеит, как и ряд других пироксенов, образует кристаллы моноклинной сингонии со спайностью в двух направлениях, пересекающихся под углом около 93°. Жадеит по химическому составу является главным образом натрий-алюминиевым силикатом с формулой $NaAl(SiO_3)_2$; он образует непрерывный ряд с кальций-магниевым силикатом диопсидом, имеющим формулу $CaMg(SiO_3)_2$. Жадеит — двуосный, положительный; его наименьший и наибольший показатели преломления равны 1,654 и 1,667, т. е. выше, чем у нефрита. Плотность также выше — от 3,30 до 3,36. Жадеит заметно тверже нефрита: твердость его по шкале Мооса почти равна твердости кварца — около 7. При полировке он обычно приобретает характерную приятную поверхность, покрытую рябью, что обусловлено необычайной твердостью зернистого агрегата. В пламени паяльной трубки жадеит сплавляется в королек легче, чем нефрит.

Хлоромеланитом называют жадеит зеленого до черного цвета, который содержит в значительных количествах какой-либо один или оба окисла железа.

Жадеит и нефрит представляют большой интерес для археологов. После длительного захоронения в почве нефрит может потерять окраску любой глубины и приобрести внешнюю бурую оболочку. У жадеита иногда образуется ярко-красная оболочка. Эти различия в цвете часто искусно использовались резчиками при изготовлении декоративных изделий. Нефрит при нагревании становится желтовато-белым, как только что вылупившийся птенец, полупрозрачным материалом с тонкой трещиноватостью на поверхности и небольшими включениями в виде привлекательных глазков розового цвета.

Специфика минералогических исследований этих материалов должна определяться их характером. Для неоправленных изделий диагностическим признаком является более высокая плотность жадеита, хотя значения этого параметра могут в значительной степени варьировать. Диагностика оптическими методами убедительна, если имеющийся материал можно дробить или изготовить из него шлиф. В конечном счете, наиболее полезным может оказаться метод порошкограмм, поскольку для него требуется минимальное количество порошка, соскобленного алмазным наконечником.

Китай, по мнению большинства исследователей, является страной, непосредственно связанной с производством ювелирных неф-

рита и жадеита, однако пока неясно, имелось ли какое-нибудь месторождение этих материалов в самом Китае. Вероятно, до XVIII в. использовался нефрит, привозившийся из Восточного Туркестана, из районов Кашгара, Яркенда и Хотана, а также с гор Куньлунь. Сначала разрабатывали аллювиальные отложения; недаром три реки в этих районах были названы китайцами «Река белого жада», «Река зеленого жада» и «Река черного жада». Позднее материал извлекали из скальных выходов, где нефрит залегал в метаморфических породах. Блоки пород разрушали с помощью воды, которую лили на разогретую поверхность. Новыми источниками нефрита для китайских камнерезов стали перенесенные водой валуны, которые были найдены в реках к югу от Иркутска; иногда такие валуны достигали гигантских размеров. Первая находка была сделана Алибером [1] в 1850 г. на реке Онот. Большой валун из этих мест весом 524,5 кг экспонируется в Отделе минералов Британского музея естественной истории. Из этих мест получено много темно-зеленого нефрита с черными чешуйками. Последние долгое время считались графитом, значительные промышленные месторождения которого имеются в регионе, но недавно было установлено, что это хромит.

Жадеит из Бирмы начали интенсивно использовать только в XVIII в., незадолго до открытия сибирского нефрита, хотя к тому времени уже имелись многочисленные описания материала, который по своим свойствам соответствовал жадеиту. Именно трудности интерпретации, возникшие из-за многозначности китайского слова Yü, привели к некоторой путанице. Сначала, пока нефрит оставался «истинным жадом», бирманский жадеит был известен как юннаньский жад (Yunnan Yü) — по названию провинции, через которую он ввозился из Северной Бирмы. Позднее, однако, жадеит, который ранее считался разновидностью зеленого нефрита, был назван fei-ts'ui (дословно — «перья петого зимородка»). Было установлено, что характер залегания нефрита вблизи Таумау и в смежных районах Бирмы — альбитовые жилы с пироксеном во вмещающих серпентинитах — типичен также для других частей света. Два больших распиленных и отполированных валуна жадеита из Бирмы (вес большего из них равен 80 кг) выставлены в Геологическом музее в Южном Кенсингтоне в Лондоне.

Месторождение жадеита в Китае, описанное в 1961 г. Шюллером, приурочено к пироксенсодержащим породам, образующим

[1] Я. Н. Алибер был промышленником, добывавшим полезные ископаемые в Сибири, месторождения же нефрита были открыты раньше, поскольку о них упоминалось еще в 20 гг. XIX в. Более полно месторождения были изучены в 50 гг. XIX в. Г. Пермикиным, добывшим и доставившим в Петербург многие сотни пудов прекрасного нефрита. Сейчас эти месторождения успешно разрабатываются.— *Прим. ред.*

дайки в серпентинитах и габбро вблизи города Наньян в восточном Китае. Минералогическое определение жадеита кажется достаточно приемлемым, но минерал составляет менее 10% массы породы, и, судя по описанию Гансфорда, его нельзя отнести к жадеиту. В 1965 г. было объявлено об открытии месторождения зеленого до желтовато-зеленого нефрита на Тайване. Говорят, что черные пятна и прожилки в этом нефрите сложены хромитом, пикотитом, магнетитом, гранатом и хлоритом.

Большинство ювелирных изделий изготовлено из сравнительно маленьких кусочков жада, однако иногда использовались и очень крупные массы. Знаменитый «винный кубок» в Пекине, изготовленный из темно-зеленого нефрита, имеет в диаметре 130,2 см и вырезан из блока высотой 59,5 см (правда, высказывались сомнения в правильности определения камня). Известны так называемые «горки нефрита» — одиночные валуны нефрита, на которых вырезаны фигуры, лиственный орнамент и пейзажи, выполненные, в частности, в XVIII в. Некоторые валуны достигали в высоту нескольких футов и весили несколько тысяч фунтов [1].

В Индии найдены доисторические бусы и утварь из жада, но самые красивые изделия из жада относятся к монгольской эре и, вероятно, были ввезены из Ирана. Широко распространены фигурки животных, резные растительные орнаменты; при этом иногда жад сочетается с драгоценными камнями. По-видимому, драгоценные нефрит и жадеит не добывались в самой Индии, а поставлялись из Южного Туркестана или из Бирмы. Однако в 1955 г. в районе Кохата в Пакистане были найдены гальки нефрита. В Японии и Корее также давно известны бусы и каменные долота, датируемые древними временами; они сделаны из жадеита, хотя часть изделий выполнена из нефрита. Последний мог ввозиться из Хотана, однако не исключено, что древние источники жадеита находились где-то рядом, поскольку в 1950 г. в районе Котаки в префектуре Ниигата в Японии был найден жадеит в типичной ассоциации с альбитом во вмещающих серпентинитах. Позднее появилось сообщение о находке жадеитсодержащих пород в центральной части Хоккайдо.

Прекрасный зеленый нефрит распространен на острове Южном в Новой Зеландии в виде галек и валунов во многих речных долинах. Он был найден in situ в Южных Альпах и на острове Дур-

[1] Изделия из нефрита и жадеита весьма широко распространены в Китае. Особенно знаменита огромная статуя Будды, сделанная из прекрасного однородного белого жадеита, которой в Шанхае посвящен специальный храм. Заслуживает упоминания нефритовое надгробие Тамерлана в усыпальнице Гур-Эмир в Самарканде. Оно представляло первоначально единый камень размером 1,88×0,4×0,39 м, впоследствии расколотый примерно на две равные части.— *Прим. ред.*

вилль. Маори использовали материал для изготовления различных поделок и в декоративных целях; название наиболее распространенного предмета — punamu (топор-камень) означало на их языке и название минерала. Kawakawa — принятое у маори название рядовой зеленой разновидности, а inanga — серой; довольно редкая и высоко ценимая бледно-зеленая и полупрозрачная разновидность называлась kahurangi. Характерное украшение — изящная hei-tiki — плоская подвеска в форме согнутой фигуры человека. Использовали также жадоподобный серпентин бовенит. Жад находили и в других районах Тихоокеанского региона — на островах Миндоро (Филиппинские острова) и Оуэн, в Новом Южном Уэльсе в Австралии, на Тасмании и Новой Гвинее.

Много доисторической утвари, найденной в Европе, сделано из нефрита; на обширной площади, в том числе и на Британских островах, были обнаружены топоры из нефрита, жадеита или хлоромеланита. Их изучение показало, что почти все они сделаны из жадеита, крупные месторождения которого в Европе неизвестны, хотя, по-видимому, в Альпах есть мелкие месторождения. Однако нефрит находили во многих местностях. Месторождение в Йорданове в Польше, известное в XVIII в., было повторно открыто в конце XIX в. Кунц нашел здесь большую глыбу весом 2140 кг, которая находится сейчас в музее Метрополитен в Нью-Йорке. Кроме того, нефрит встречается в Швейцарских Альпах, в Апеннинах, Калабрии и Сицилии. Единственное месторождение в Африке — хромитовый рудник «Мешаба» в Селукве, в Замбии, где был найден хороший зеленый нефрит; было установлено, что черные пятна в этом куске сложены хромитом.

Полагают, что в Америке нефрит встречается в долине реки Амазонки, где находили изделия из него; правда, не исключено, что его привозили также из Бразилии. Он распространен на обширной площади близ Кобук-Ривер на Аляске, где он связан с перидотитами, залегающими в рассланцованных вмещающих породах; в виде галек и валунов нефрит встречается на Аппер-Льюис-Ривер на Юконе, по рекам Фрейзер и Бридж в Британской Колумбии, в шт. Вайоминг, где на пустынной площади в сотни квадратных миль было найдено много валунов. Белый или светло-серый нефрит описан из округов Миллард в шт. Юта и Монтерей в Калифорнии; многочисленные гальки, встречающиеся на пляжах, образовались за счет размыва коренных обнажений, связанных с серпентинизированными перидотитами.

Изделия из жада, найденные в Центральной Америке, были детально изучены Фошагом. Материал преимущественно представлен жадеитом, первичные источники которого не были известны вплоть до открытия в Гватемале в 1952 г. жадеита в характерной ассоциации с альбитом во вмещающих серпентинитах. Жадеит, цвет

которого варьирует от белого до темно-зеленого, был также найден в округе Сан-Бенито в Калифорнии [1].

Природную близость с альбитом отражают две разновидности декоративного камня, связанные с жадом. Материал, иногда называемый вайомингским жадом, но предпочтительно описываемый как жадовая смесь, является в действительности альбитом, окрашенным включениями бледного нефрита. Обилие полевого шпата снижает плотность материала почти до 2,85, а его показатель преломления ближе к альбиту, чем к содержащемуся в нем нефриту.

---

[1] Описания месторождений нефрита и жадеита у автора слишком схематичны и не характеризуют их полностью. Как месторождения нефрита, так и месторождения жадеита связаны с процессами взаимодействия жильных производных гранитоидной магмы — аплитов и плагиогранитов и различных ультрабазитов.

На контакте гранитоидных жил и ультрабазитов возникает крайне характерная зональность. Сами гранитоиды претерпевают десилицификацию, и по периферии жил образуются альбититы или даже нефелиновые сиениты, а в их зальбандах — зоны биотититов, хлоритовых пород, амфибола, талька и антигоритового серпентинита. Структуры пород, слагающих эти зоны, различны и определяются условиями образования. В некоторых случаях амфиболовая зона приобретает спутанно-волокнистую структуру; эта порода, состоящая из мельчайших кристалликов, и является нефритом. Изучение нефритовых месторождений Сибири показало повсеместную приуроченность нефритовых тел к жильным гранитоидам. Предполагается метасоматическое образование нефритового агрегата. Поскольку нефрит замещает содержащий хромит ультрабазит, становится вполне понятной реликтовая природа хромитовых зерен в нефрите.

Жадеит является крайне интересным минералом. Натрий и алюминий могут входить в структуру пироксена только в условиях очень высоких давлений, и, как следствие этого, образование жадеититов может происходить на очень больших глубинах. Собственно жадеит отличается по химическому составу от полевого шпата альбита только несколько меньшим содержанием кремнекислоты. При повышенном давлении альбит переходит в смесь жадеита и коэсита. Присутствие избытка кремнекислоты несколько задерживает переход альбита в жадеит. Выше уже отмечалось, что гранитоидные жилы претерпевают в краевых частях десилицификацию, что облегчает при благоприятных давлениях кристаллизацию жадеита вместо агрегата нефелина и альбита. Формируются альбитовые жилы в ультрабазитах с жадеититами или различными жадеит-альбитовыми породами в краях. Переход альбита в жадеит при увеличении давления и обратный процесс при снижении давления ведут к образованию альбитовых пород с реликтами жадеита. Жадеитовые края вокруг альбититовых жил среди ультрабазитов описаны на месторождениях Казахстана, к северу от озера Байкал, на Полярном Урале и в Саянах. Зеленая окраска жадеититов связана с примесью хрома, заимствованного из вмещающих ультрабазитов.

Десилицификация и образование жадеититов возможны и при внедрении жильных гранитоидных производных в доломиты, но тоже в условиях больших глубин. Видимо, это имеет место в месторождениях Бирмы. См. *Н. Л. Добрецов*, *Л. Г. Пономарева*, Сравнительная характеристика полярноуральских и прибалхашских жадеитовых и ассоциирующих с ними пород, Тр. Инст. геол. и геофиз. СО АН СССР, вып. 31, 1965, с. 178—244. *В. Н. Москалева*, К минералогии прибалхашских жадеититов, ЗМО, 1962, с. 38—49. *Ю. Н. Колесник*, Нефриты Сибири, «Наука», 1966.— *Прим. ред.*

Альбит, окрашенный в светло-зеленый цвет с более темными прожилками и пятнами за счет присутствия жадеита, долгое время был известен в Бирме под названием maw-sit-sit. В 1965 г. он был детально изучен Гюбелином, который показал, что зеленый цвет обусловлен значительным содержанием хрома в жадеите. Как и в случае с жадовой смесью, плотность и отражательная способность до некоторой степени соответствуют непостоянной по составу смеси. Материал может быть назван «жад-альбит». Образец его показан на цветном фото XII.

Предпринимались попытки улучшить цвет бледных образцов жада, используя органические красители, но текстура камня такова, что красители не проникают на сколько-нибудь значительную глубину и через несколько месяцев искусственная окраска обычно утрачивается.

Известны другие зеленые плотные минералы, которые часто, хотя и ошибочно, называют жадом. Так, за жад иногда выдается ярко-зеленый серпентин бовенит; корейский жад — это серпентин; трансваальский жад — плотный гидрогроссуляр; американский, или калифорнийский, жад — это калифорнит, плотная разновидность идиокраза. В наши дни бовенитовый серпентин поступает на рынки из Китая под неправильным названием «новый жад».

Соссюрит, иногда принимаемый за жад, является продуктом разложения плагиоклазов; он представляет собой смесь альбита, эпидота и других минералов. Для него характерны плотная компактная структура и занозистый излом, цвет от зеленовато-серого до белого. Плотность соссюрита колеблется от 3,0 до 3,4, а твердость — от $6^1/_2$ до 7 по шкале Мооса. Поскольку в составе агрегата, замещающего плагиоклазы, преобладает цоизит, показатель преломления соссюрита (около 1,7) заметно выше, чем у жадеита. Впервые соссюрит был найден близ Женевского озера и тогда же был назван в честь Г. Б. де Соссюра. Еще один заменитель жада — вардит представляет собой красивую зеленую породу, сложенную главным образом зеленой слюдой фукситом и глинистыми минералами; вардит, встречающийся в Трансваале в Южной Африке, известен под названиями «трансваальский жад» или «африканский жад». К числу жадоподобных минералов относится роговая обманка — важный член группы амфиболов, к которой принадлежит и сам нефрит, а также фибролит и пектолит. Последний встречается на Аляске в виде плотных масс, используемых местными жителями для резьбы орнаментов и изготовления инструментов. По химическому составу он относится к кальций-натровым силикатам и имеет формулу $HNaCa_2(SiO_3)_2$. Для него характерна спайность в двух направлениях, пересекающихся под углом 95°. Плотность 2,8, твердость 5 по шкале Мооса, блеск слабый стеклянный. В пламени паяльной трубки сплавляется в белую эмаль.

Жад грубо имитируется стеклом, но эти подделки легко установить по их стеклянному (вместо жирного) блеску, более низкой твердости и хрупкости.

6. Ляпис-лазурь

Из всех синих камней, известных в древние времена, красивый камень, называемый ныне «ляпис-лазурь», относился к наиболее высоко ценимым и использовался для изготовления амулетов, ваз, шкатулок и т. п., а также как материал для мозаик и инкрустаций. Современное название появилось только в раннем Средневековье; во времена Плиния этот камень назывался сапфиром. Плиний приводит такое его описание: «Ибо сапфир тоже сверкает пятнами, подобными золоту. Он также лазурного цвета, хотя иногда, но редко, бывает пурпурным». В этих нескольких словах он точно характеризовал ляпис-лазурь, имеющую синий цвет, изменяющийся иногда до пурпурного, и содержащую рассеянную вкрапленность пирита, который по цвету неотличим от золота.

Название камня «ляпис-лазурь» является средневековой латинской формой, означающей «лазурный камень». Лазурь (lazward) — арабское слово, применяемое для названия неба, а чаще для обозначения чего-то синего. Другие, более поздние латинские формы — лазулит и лазурит.

Ляпис-лазурь представляет собой породу, состоящую главным образом из синего минерала гаюина, латунно-желтого пирита и белого кальцита, а также небольших количеств других минералов, таких, как диопсид, слюда и т. д. Ее красота полностью определяется наличием и объемом синего минерала. Для невооруженного глаза камень может показаться целиком синим; иногда он белый с синими полосами, часто содержит вкрапленность мелких зерен пирита неправильной формы. В древние времена считали, что латунно-желтые пятна усиливают красоту камня, но в наши дни их по возможности удаляют. Однако в некоторых подделках ляпис-лазури, получаемой из шлака синтетической синей шпинели, они имитировались золотом.

Ляпис-лазурь не следует путать с лазулитом, который представляет собой совершенно иной минерал — основной фосфат магния, железа и алюминия, обладающий совсем другими свойствами, за исключением некоторого сходства в цвете, чем и объясняется его название. Кроме того, следует отметить, что так называемая немецкая, швейцарская или фальзе ляпис-лазурь — это яшма, которой искусно придана пятнистая окраска. Окрашивание используется также для улучшения вида бледной ляпис-лазури.

Гаюин — член изоморфного ряда минералов синего цвета, имеющих кубическую сингонию, которые тесно связаны с другими членами ряда — содалитом и нозеаном. Гаюин назван по имени

великого аббата Гаюи, а нозеан — по имени Нозе; содалит получил свое название из-за содержания в нем натрия (sodum). Все три минерала — натрий-алюминиевые силикаты; формула гаюина — $(Na, Ca)_{4-8}(S_3, SO_2)_{1-2}(Al_6Si_6O_{24})$, содалита — $Na_8Cl_2(Al_6Si_6O_{24})$, нозеана — $Na_8(SO_4)(Al_6Si_6O_{24})$. Иногда натрий, особенно в гаюине, может замещаться кальцием; в ляпис-лазури происходит некоторое изоморфное замещение двух других разновидностей гаюином. Все три минерала обладают стеклянным блеском.

Показатель преломления гаюина колеблется от 1,496 до 1,506, плотность — от 2,44 до 2,49, твердость равна 6 по шкале Мооса. Величины показателей преломления и плотности содалита и нозеана заметно ниже и равны соответственно 1,483 и 2,30 и 1,495 и 2,30; твердость их такая же — 6. Они обычно скрытокристаллические, но иногда кристаллы имеют форму додекаэдров или октаэдров, которые могут быть сложно сдвойникованы. Все три минерала имеют спайность по додекаэдру и подвергаются воздействию соляной кислоты.

Поскольку плотности пирита и кальцита равны 4,94 и 2,72 соответственно, можно ожидать, что ляпис-лазурь имеет значительно более высокую плотность, чем указанная выше для гаюина. В мелких кусочках пирит (если он вообще содержится) присутствует лишь в небольших количествах и плотность ляпис-лазури нормально колеблется от 2,75 до 2,90, но может меняться и от 2,45 до 2,94. Для отдельных додекаэдров плотность приблизительно равна 2,53; имитация из шлака шпинели имеет совершенно иные свойства: показатель преломления 1,72, твердость 8 и плотность 3,6.

Западные ювелиры обычно используют ляпис-лазурь для изготовления бус, но иногда ее нарезают на пластинки; на Востоке из нее вырезают различные предметы. В древние времена порошок ляпис-лазури применялся для получения прочной ультрамариновой краски, которая давала великолепные синие цвета на картинах старых мастеров, неизменно вызывающих восхищение на протяжении многих веков. Однако в наши дни минеральная краска заменена синтетическим продуктом, получаемым в результате сплавления каолина с содой и серой.

Самые старые и наиболее известные месторождения ляпис-лазури, приуроченные к белым и черным карбонатным породам, расположены в труднодоступном и поэтому недостаточно хорошо изученном районе Афганистана — в Бадахшане, где были найдены также рубин и шпинель. Эти месторождения разрабатываются уже на протяжении более 6000 лет, и почти нет сомнений в том, что вся ляпис-лазурь древности, которая была известна как сапфир, добывалась в этих местах [1].

[1] Памирские и афганские месторождения лазурита описаны довольно хорошо в отечественной литературе. Особенно много исследований посвя-

Ляпис-лазурь издавна была известна в метаморфизованных доломитах у юго-западного окончания озера Байкал в Сибири. Сообщалось о месторождениях этого драгоценного камня в провинции Кокимбо и в окрестностях Антофагасты в Чили; месторождения в провинции Кокимбо являются наиболее значительными. Из других районов можно упомянуть район Могока в Верхней Бирме, Итальянскую гору в хребте Соуэч в Колорадо и Каскейд-Каньон в округе Сан-Бернардино в Калифорнии.

в. Бирюза

Бирюза (англ. turqoise) обязана своим названием французскому слову Turkish — турецкий (Turkish stone). Бирюза и другие зеленые минералы группы фосфатов, имеющие внешнее сходство, были, без сомнения, отнесены Плинием к трем камням со сходными названиями — callais, callaina и callaica, которые он описывает довольно подробно. Так, он говорит, что «каллаис подобен сапфиру по цвету, но он более бледный и окраской больше напоминает воду около морского берега». Поскольку сапфир по терминологии Плиния соответствует ляпис-лазури, то это описание наверняка относится к камню, в целом внешне похожему на ляпис-лазурь, но более бледному, с зеленоватым оттенком, т. е. к бирюзе.

По химическому составу бирюза является водным фосфатом меди и алюминия и имеет формулу $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$; алюминий может быть частично замещен окисным железом. Бирюза, не содержащая железа, окрашена в синий цвет различных оттенков — от небесно-голубого до цвета берлинской лазури; присутствие железа обычно придает камню зеленоватый оттенок, который может усиливаться до такой степени, что минерал становится желтовато-зеленым до яблочно-зеленого. Большим спросом пользуются только камни чистого синего цвета, но они встречаются реже, чем камни с зеленоватым оттенком. Достоинством синих камней является их способность довольно гармонично сочетаться с золотой оправой. Однако цвет минерала может блекнуть после длительного ношения. Бирюза представляет собой конкреционные массы мелких триклинных кристаллов и характеризуется скрытокристаллической, до некоторой степени пористой структурой. Поэто-

щено байкальским месторождениям. Сейчас наиболее вероятно предположение, что лазуритовые месторождения образуются при метаморфизме древних соленосных толщ, изначально обогащенных серой (*И. А. Ефимов*, *А. И. Судеркин*, Месторождение ляпис-лазури Сары Синг в Северном Афганистане, Вестн. АН Каз. ССР, 1967, № 8 (268), с. 64—66. *В. Г. Иванов*, Некоторые геохимические особенности формирования пород лазуритовых месторождений Южного Прибайкалья, «Геохимия», 1976, № 1, с. 47—54. *М. А. Лицарев*, Лазурит, его генезис и сырьевая база, Сб. «Драгоценные и цветные камни как полезные ископаемые», «Наука», 1973, с. 62—80).— *Прим. ред.*

му перед мытьем рук всегда следует снимать кольца с бирюзой, чтобы уберечь ее от загрязнения, а также от действия воды, которая, проникая в камень, может неблагоприятно повлиять на его оттенок.

В соответствии с сингонией кристаллы бирюзы обладают двупреломлением, причем наименьший показатель преломления равен 1,62, а наибольший — 1,65. Знак минерала положительный, средний показатель почти равен наименьшему. Эти показатели настолько близки, что из-за аморфного строения и несовершенной прозрачности бирюзы при показателе преломления 1,61 в рефрактометре будет видна только одна тень. Следует отметить, что даже в случае непрозрачных камней возможно применение рефрактометра при условии, что поверхность камня плоская и хорошо отполирована, а свет проникает хотя бы на небольшое расстояние в глубь образца; если поверхность камня кривая, может быть применен метод дальнего видения. Блеск бирюзы восковой. Для спектра поглощения характерны две едва заметные линии 4300 и 4200 Å.

Вследствие пористости бирюза имеет не очень постоянную плотность. Плотность прекрасной персидской бирюзы колеблется от 2,75 до 1,85, тогда как плотность более пористой американской бирюзы обычно ниже — 2,60, но может увеличиваться до 2,70 за счет абсорбции воды.

Твердость бирюзы по шкале Мооса немного меньше 6, но она довольно хорошо полируется, а отполированные поверхности довольно прочны, поскольку из-за сравнительной непрозрачности камня царапины на ее поверхности не очень заметны.

Как непрозрачный камень бирюза обычно обрабатывается в виде кабошонов; их высота и контур зависят от назначения камня.

Самая красивая бирюза до сих пор поступает из знаменитых рудников, расположенных в окрестностях Нишапура в провинции Хорасан в Иране. Она встречается вместе с лимонитом, выполняя трещины и пустоты в брекчированных порфировых трахитах. Если обломки бирюзы очень малы, нет смысла обрабатывать каждый из них отдельно; в этих случаях бирюза распиливается вместе с сопровождающим ее лимонитом и продается как паутинная бирюза. Древними районами добычи бирюзы являются Серабит-эль-Хадем и Вади-Могара на Синайском полуострове, хотя в наши дни там добывается незначительное количество бирюзы. Бирюзу добывают во многих районах США, в частности в округах Кларк и Эсмеральда в шт. Невада, где встречаются бледно-голубые и зеленые камни; в округе Сан-Бернардино в шт. Калифорния, где добывают преимущественно бледную бирюзу; в округе Лос-Серрильос и Джерилла в шт. Нью-Мексико; в округе Калберсон в шт. Техас; в округах Лейк, Сагуач, Минерал и Конейос в шт. Колорадо; хоро-

шие кристаллы добывают в шт. Виргиния, а в шт. Аризона была найдена бледная зеленовато-голубая бирюза.

Предпринимались попытки усилить цвет бирюзы путем пропитывания ее берлинской лазурью. Однако бирюза отличается лишь поверхностной проницаемостью и поэтому при тщательном осмотре поверхности камня нетрудно обнаружить искусственное окрашивание. Более удачные подделки получаются при прессовании осадка фосфата алюминия, окрашенного в синий цвет при помощи олеата меди, поскольку он имеет почти такой же внешний вид, твердость и плотность, как и бирюза, но в отличие от природного камня искусственный материал плавится в пламени паяльной трубки. Венская бирюза — это имитация, получаемая путем совместного дробления, нагревания и прессования смеси малахита, гидроокиси алюминия и фосфорной кислоты; так называемый неолит состоит из фосфата меди и гидроокиси алюминия. Дешевую бирюзу часто пропитывают воском, что позволяет скрыть несовершенства полировки. В прошлом за бирюзу часто выдавали одонтолит — ископаемую слоновую кость. Существует надежный способ отделения бирюзы от различных поделочных материалов органического происхождения, которые легко определяются. Варисцит и лазулит — минералы, изредка обнаруживающие сходство с бирюзой; оба они представляют собой водные фосфаты алюминия, но не содержат меди. Плотность лазулита (около 3,1) выше, а варисцита (около 2,4) ниже, чем у бирюзы. За бирюзу часто выдают также окрашенный говлит из Калифорнии.

Производится множество материалов, имитирующих паутинную бирюзу. В некоторых из них связующей массой являются синтетические пластмассы, характеризующиеся низкой плотностью. Иногда в качестве связующей массы используется коллоидальный кремнезем, и тогда плотность получаемого материала равна приблизительно 2,65.

38

Другие декоративные камни

Апофиллит

Апофиллит не так уж часто можно встретить в руках ювелира, потому что он в лучшем случае имеет розоватую окраску и не очень прозрачен. Свое название он получил из-за способности распадаться на листочки, если его нагревать в пламени паяльной трубки; оно происходит из двух греческих слов: ἀπό (после) и φύλλον (лист). По составу апофиллит представляет собой силикат натрия и кальция с формулой $KFCa_4(Si_8O_{20})\cdot 8H_2O$. Высокое содержание воды сближает его с семейством цеолитов, но структура его основана на соединении кремнекислородных тетраэдров в листы в отличие от цеолитов, в которых эти тетраэдры образуют пространственную решетку.

Апофиллит относится к тетрагональной сингонии. Минерал обладает совершенной спайностью параллельно базису. Своеобразны его оптические свойства: он может быть и положительным, и отрицательным, хотя показатели преломления сохраняют одну и ту же величину — около 1,535 и 1,537. Цвет апофиллита обычно белый, но могут присутствовать каемки с желтым, зеленым и красным оттенком. Блеск на плоскостях спайности жемчужный, а в других плоскостях стеклянный. Удельный вес колеблется от 2,30 до 2,50, твердость по шкале Мооса — от $4^1/_2$ до 5. Тетрагональные кристаллы находили близ Андреасберга в Гарце, в горах Сихадри в Индии и в ряде других мест.

Азурит, или медная лазурь

Азурит, или медная лазурь, представляет собой голубой карбонат меди, сопутствует малахиту и имеет сходное с ним происхождение, но мало используется как поделочный камень. Название «азурит» дано из-за его лазурно-голубой окраски. Как указывалось выше, названия «азурит», «лазурь», «лазурит» и «лазулит» имеют общее происхождение. Название «шессилит» дано азуриту по его основному месторождению.

По химическому составу азурит представляет собой водный карбонат меди с формулой $Cu_3(OH_2)(CO_3)_2$. Он менее устойчив,

чем малахит, моноклинный, обычно массивный, имеет лазурно-голубой цвет. Минерал двуосный, положительный; значения максимального и минимального показателей преломления равны примерно 1,730 и 1,838. Блеск стеклянный. Удельный вес колеблется от 3,77 до 3,89, твердость — от $3^1/_2$ до 4 по шкале Мооса. По реакции на кислоты и поведению в пламени паяльной трубки он напоминает малахит. Полосчатые срастания азурита и малахита иногда разрезают и полируют, называя их азуро-малахитом.

Азурит является медной рудой, хотя и менее ценной, чем малахит. Крупные месторождения: Шесси вблизи Лиона во Франции, Бисби в шт. Аризона в США, Редрут в Корнуэлле и Катанга в Конго.

Кальцит (мрамор)

Мрамор — наиболее широко известный и повсеместно распространенный поделочный камень — представляет собой кристаллический известняк; по химическому составу это карбонат кальция $CaCO_3$. Название происходит от латинского слова calcem (известь). Будь мрамор совершенно чистым от примесей, он был бы светлым и бесцветным, но он никогда не бывает прозрачным, а только просвечивает. Почти всегда в нем заметны признаки, указывающие на первичную природу карбоната; его окраска — пятнами или полосами — вызвана многочисленными примесями; именно эти узоры и расцветка придают такое приятное разнообразие мрамору.

Многочисленные разновидности мрамора названы в соответствии с их внешним видом или по месту их нахождения. Лучший мрамор для статуй известен как паросский (по острову Парос в Кикладах), пентеликанский (из Афин) и каррарский (из знаменитых каменоломен в Тоскане, Италия). Так называемый египетский мрамор с черными пятнами битумов и желтыми прожилками доломита происходит из Специи в Лигурии, Италия. Раковинный мрамор состоит в основном из раковин. Одна из разновидностей раковинного мрамора известна под названиями «люмачелла», «люмашель», или «огненный мрамор»; это объясняется тем, что при определенном угле падения света он отражается как от перламутра в виде блестящего, похожего на огонек отблеска. Первое название — итальянское (маленькая улитка), второе — его французский эквивалент. Люмачелла иногда напоминает опал, применяемый для того, чтобы оттенить основной камень, но отличается от него без труда по малой твердости и бурной реакции с кислотой. Хорошие образцы известны из Блейбурга в Каринтии, Австрия. Руинный мрамор, обладающий желтоватой окраской, в разрезе обнаруживает включения, образовавшиеся благодаря пропитыванию окис-

лами железа, что объясняет его название. Известковые отложения, накопившиеся в водной среде, дают алебастр (как его называли в древности; сейчас этот термин относится к гипсу, который гораздо мягче мрамора). Древние каменоломни Фив в Египте разрабатывались почти без перерыва, и получаемый здесь камень известен под названиями «египетский алебастр», «восточный алебастр», или «мраморный оникс», из-за его полосчатости. Похожий материал из пещер Гибралтара называют гибралтарским камнем, а из Мексики — мексиканским ониксом. Так называемый бразильский оникс представляет собой мраморный оникс из Сан-Луиса в Аргентине. Название «атласный шпат» дается волокнистому карбонату кальция — кальциту или иногда арагониту, а также сульфату кальция — гипсу. Последний гораздо мягче, и, кроме других видов испытания, карбонаты всегда легко отличить от гипса по бурной реакции с кислотой.

Помимо своего применения в качестве поделочного камня, известняк широко используется для самых разнообразных целей: как строительный камень, сырье для цемента в производстве множества изделий. Ранее было описано применение прозрачного кальцита, известного под названием исландского шпата, в оптике.

Кальцит относится к тригональной сингонии, отличается совершенной спайностью, параллельной плоскостям ромбоэдра. Показатели преломления равны 1,486 и 1,658; двупреломление высокое, знак отрицательный. Блеск стеклянный. Удельный вес 2,71, но колеблется в зависимости от наличия примесей, твердость 3 и является эталоном в шкале Мооса.

Арагонит имеет такой же химический состав, как и кальцит, но является менее устойчивой формой. Некоторые разновидности атласного шпата и алебастра могут представлять собой арагонит. Он относится к ромбической сингонии; его кристаллы часто образуют двойники, создавая впечатление гексагональной симметрии. Спайность отсутствует. Значения наибольшего и наименьшего показателей преломления — 1,530 и 1,686; минерал двуосный, отрицательный. Блеск стеклянный с тенденцией к жирному. Удельный вес колеблется от 2,93 до 2,95, твердость — от $3^1/_2$ до 4 по шкале Мооса.

Арагонит заметно отличается от кальцита по физическим свойствам. При кипячении в течении 15 мин в порошке в разбавленном растворе азотнокислого кобальта на арагоните образуются розовые пятна, в то время как кальцит при аналогичной обработке остается белым или становится желтоватым (если присутствует органическое вещество) или в конце концов приобретает голубую окраску. Гипс характеризуется совершенно другими физическими свойствами.

Хлорастролит

Это название более ста лет назад получил минерал, обнаруженный в виде округлых звездчатых агрегатов зеленоватых волокон на берегах озера Верхнее. Название произошло от греческих слов χλωρός (зеленый) и ἄστρον (звезда). Агрегаты выделяются при выветривании из окружающих лав. Они неоднородны, но их основным компонентом является гидратированный алюмокальциевый силикат, который долго считали родственным прениту. Совсем недавно выяснилось, что минерал частично представляет собой пумпеллиит. Этот материал отличается неправильной переливчатой окраской и, будучи ограненным в виде кабошона, неудобен для точного определения оптических свойств. Средний показатель преломления равен примерно 1,70, твердость колеблется от 5 до 6, удельный вес 3,2. Наиболее известное месторождение — остров Айсл-Ройал на озере Верхнем в США.

Хризоколла

Хризоколла встречается в виде непрозрачных плотных голубых и голубовато-зеленых масс, имеющих эмалеподобное строение. Время от времени ее добывают и полируют. Греческое слово χρυσόκολλα (золотой припой) более правильно было бы относить к буре, которая также обозначалась этим термином. По существу, этим словом обозначались все зеленоватые минералы, и среди них, возможно, малахит. В современной минералогии так называют продукт изменения минералов меди, представляющий собой гидратированный силикат меди, имеющий приблизительную формулу $CuSiO_3+2H_2O$. Хризоколла чрезвычайно изменчива по составу из-за наличия загрязнений. Блеск от стеклянного до землистого. Твердость колеблется от 2 до 4 по шкале Мооса, и если в массе содержится свободный кремнезем, она царапает стекло. Минерал очень легкий, удельный вес его всего около 2,0—2,2. Из-за непрозрачности оптические данные для определения нельзя использовать, они, вероятно, очень изменчивы. Хризоколлу находили в верхних частях жил медных рудников во всем мире.

Дюмортьерит

Иногда этот редкий минерал встречается в виде голубых или фиолетовых масс, из которых можно получить красивые пластинки, если их распилить и отполировать. Название дано в честь Венсана Эжена Дюмортье.

Дюмортьерит представляет собой сложный боросиликат алюминия. Он кристаллизуется в ромбической сингонии, но обычно не

образует кристаллов, а встречается в виде волокнистых или столбчатых агрегатов. Известен только один случай находки хорошо образованного кристалла на Цейлоне, причем этот минерал отличался необычной коричневой окраской. Дюмортьерит двуосный, отрицательный; наибольший и наименьший показатели преломления равны 1,678 и 1,679, достигая в наиболее обогащенных железом разностях 1,686 и 1,689. Наблюдается четкий темно-синий, красновато-фиолетовый и бесцветный плеохроизм. Удельный вес колеблется от 3,26 до 3,41, твердость 7 по шкале Мооса. Упоминавшийся выше хорошо образованный кристалл имел показатели преломления, укладывавшиеся в приведенные пределы, но при количественных измерениях твердости методом вдавливания показал удивительное значение — $8^1/_2$.

Показатели преломления и плеохроизм позволяют отличить дюмортьерит от похожих на него ценных минералов.

Основные месторождения: Калифорния, Невада и Аризона (США), Норвегия, Мадагаскар, Намибия и окрестности Лиона во Франции.

Флюорит

Флюорит, или плавиковый шпат, представляет собой исключительно красивый минерал; он долго пользовался вполне заслуженной популярностью как материал для изготовления ваз и других изделий. Наиболее красивый голубой или пурпурный флюорит, часто с приятным узором, образованным изгибающимися полосами, добывался в Дербишире под названием «блу джон»; однако сейчас это месторождение истощилось. В коллекциях минералов нет более эффектных образцов, чем группы кристаллов флюорита из Англии. Название происходит от латинского слова fluere (течь). Оно применялось в целом к минералам, обладавшим свойствами легко плавиться и употреблявшимся в качестве флюсов; но после открытия в 1771 г. плавиковой кислоты его закрепили за минералами, содержащими фтор, и в конечном итоге за главным из них — тем минералом, который сейчас носит это имя. Зеленый флюорит из Намибии неправильно называют африканским изумрудом.

Флюорит, наиболее широко известный по его разновидности «блуджон», относится к кубической сингонии, и если встречается в виде кристаллов, то обычно это кубы, иногда искаженные, которые часто сдвойникованы с взаимным прорастанием по перпендикуляру к двум граням октаэдра (рис. 133); спайность совершенная по плоскостям, параллельным граням правильного октаэдра. Цвет обычно фиолетовый, голубой, желтый и зеленый («блуджон», возможно, искаженное bleu-jaune — фр. «желто-голубой»), реже розовый и бесцветный. Химический состав — фторид кальция

с формулой CaF_2. Изотропный, но иногда слабо двупреломляющий в результате местных напряжений; показатель преломления 1,434. Блеск стеклянный. Удельный вес 3,18, но если минерал загрязнен примесями, удельный вес может снижаться до 3,00 и 3,25. Твердость по шкале Мооса 4.

Замечательным свойством флюорита является способность некоторых зеленовато-голубых разновидностей казаться зелеными в проходящем свете и голубыми — в отраженном. Многие образцы светятся приятным фиолетовым цветом постоянного оттенка, не зависящего от собственного цвета минерала, под действием ультра-

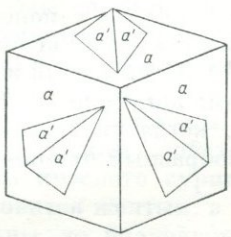


Рис. 133. Взаимопрорастающий сдвойникованный кристалл флюорита.

фиолетового или другого коротковолнового излучения. Это явление получило название флюоресценции. Некоторые флюориты не флюоресцируют; но это не характерно для чистого минерала и обусловлено наличием ничтожных примесей других элементов.

После полного истощения залежей «блу джона» флюорит почти совсем потерял свое значение поделочного камня, но оно вполне может возродиться, несмотря на низкое преломление, мягкость и совершенную спайность минерала: настолько хороши окраски, которыми он обладает; самыми красивыми являются желтые и зеленые камни. При осторожном обращении ограненные флюориты могут сохранять свой облик годами, если их носить в виде кулонов или серег, вообще в любом виде, исключающем постоянное трение.

Флюорит широко применяется в промышленных целях в качестве флюса в сталеплавильном производстве, как источник плавиковой кислоты и как составной элемент в производстве молочного стекла и некоторых эмалей. Благодаря низкому показателю преломления (1,434) и небольшой дисперсии (0,0045 для интервала $C—F$) по сравнению с соответствующими значениями 1,499 и 0,0075, характеризующими самое низкопреломляющее стекло, бесцветный флюорит исключительно ценен для изготовления линз в объективах. Поскольку бесцветного флюорита очень мало, предпринимались попытки обесцвечивать некоторые слабоокрашенные разновидности, но без успеха.

Прекрасная серия образцов розовых октаэдров флюорита из Шамони, подаренная в 1850 г. Джоном Раскином, выставлена в Галерее минералов Британского музея естественной истории; две великолепные вазы из «блю джона» можно увидеть в Геологическом музее в Лондоне.

Минерал флюорит образовался в результате кристаллизации флюидов, содержащих фтор, когда они поднимались по трещинам и пустотам в земной коре; он встречается вместе со свинцовым блеском и цинковой обманкой, кварцем и баритом. Красивые кристаллы происходят с севера Англии, из Корнуэлла и Дербишира. Довольно редкий розовый флюорит, образующий кристаллы в виде октаэдров, был найден в Альпах, в районе Сен-Готарда и Шамони. Хороший флюорит происходит из Саксонии, Норвегии и из многих месторождений в США. Прекрасный изумрудно-зеленый флюорит недавно найден в Намибии. Зеленый флюорит, как и изумруд, часто кажется розовым, когда его рассматривают через фильтр Челси, но он имеет своеобразный оттенок, по которому его легко отличить от изумруда.

Гипс (алебастр)

Алебастр в наше время называют гипсом; это водный сульфат кальция с формулой $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Как уже упоминалось выше, в древности словом «алабастра» называли материал, из которого изготовляли вазы для благовоний; в основном это был карбонат кальция, но часть его могла представлять собой и сульфат. Название произошло от латинского слова alabaster, которое являлось переделкой греческого слова ἀλάβαστρος, или, правильнее, ἀλάβαστος (возможно, название города в Египте). Некоторые разности атласного шпата (селенита) представляют собой волокнистый гипс.

Гипс относится к моноклинной сингонии, имеет одно направление совершенной спайности и два направления менее совершенной спайности. Он часто бывает массивным или листоватым. Наибольший и наименьший показатели преломления равны 1,520 и 1,530, двупреломление низкое; минерал двуосный, положительный. Гипс интересен своей способностью изменять угол между оптическими осями в зависимости от температуры; при комнатной температуре этот угол составляет около 95° и увеличивается до 116° при температуре 0°. Блеск перламутровый на плоскости совершенной спайности, на остальных участках полустеклянный. Удельный вес чистого гипса 2,32, но при наличии примесей отклоняется от этого значения. Гипс является эталоном твердости 2 по шкале Мооса; он царапается ногтем.

Гипс имеет большую промышленную ценность, в особенности для изготовления гипсовой штукатурки.

Гемиморфит

Это минерал цинка, распространенный несколько меньше, чем смитсонит, с которым он часто ассоциируется. Время от времени гемиморфит обнаруживают в виде массивных образований с пятнистой окраской в зеленых или синих оттенках и обрабатывают.

Гемиморфит — силикат цинка с формулой $Zn_4(OH)Si_2O_7 \cdot H_2O$. Цвет минерала белый, только иногда наблюдается зеленая или зеленовато-синяя, а также бурая окраска; иногда окраска полосчатая. Кристаллы очень интересны тем, что относятся к ромбической сингонии, но отличаются гемиморфией, чем и обусловлено название минерала. Симметрия кристалла определяется двумя двойными осями симметрии и двумя плоскостями симметрии, пересекающимися под прямыми углами. Центр симметрии отсутствует, и оба конца кристалла заметно различны, что видно и по развитию граней, и по пироэлектрическим свойствам. Если кристалл нагреть и опылить смесью красного сурика и серы, то его более заостренный конец становится желтым, а другой — красным; если кристаллы сдвойникованы, то получаются два красных конца и желтый ободок. Кристаллы имеют два направления совершенной спайности, параллельных граням главной призмы.

Гемиморфит двуосный, положительный; наименьший и наибольший показатели преломления равны примерно 1,614 и 1,636. Блеск стеклянный. Удельный вес колеблется от 3,4 до 3,5, твердость близка к 5 по шкале Мооса.

Гемиморфит встречается обычно вместе со смитсонитом. Заслуживают упоминания голубовато-зеленые образцы из Рафтен-Гилла, Камберленд.

Лазулит

Лазулит — минерал голубого цвета, который мог бы использоваться как поделочный, если бы был более широко известен и добывался в более крупных объемах. О происхождении его названия см. выше. По химическому составу лазулит представляет собой железо(магнезиально)-алюминиевый фосфат с формулой $FeAl_2(OH)_2(PO_4)_2$, причем обычно часть железа замещается магнием. Кристаллы относятся к моноклинной сингонии; лазулит двуосный, отрицательный; показатели преломления равны примерно 1,61 и 1,64. Минерал обладает отчетливым плеохроизмом, причем окраска по одному из основных оптических направлений бесцветная, по двум другим — лазурно-голубая. Удельный вес около 3,1, твердость колеблется от 5 до 6 по шкале Мооса.

Лазулит найден во многих местах: в Швеции, Австрии, в Северной Каролине (США) и в шт. Минас-Жерайс в Бразилии.

Малахит

Малахит — красивый минерал, по строению напоминающий агат; образуется при растворении руд меди и последующем отложении растворенных соединений меди в трещинах и пустотах горных пород. Часто воды, содержавшие эти соединения, медленно просачивались сквозь породу, и твердое вещество, которое формировалось при испарении капель, приобретало форму сталактитов и сталагмитов. Минерал получил свое название от греческого слова μαλαχή (мальва), поскольку его цвет несколько напоминает цвет листьев этого растения.

По химическому составу малахит представляет собой гидратированный карбонат меди с формулой $Cu_2(OH)_2CO_3$. Другой карбонат с несколько иной формулой — азурит менее устойчив по сравнению с малахитом, поскольку он часто переходит в последний. Малахит относится к моноклинной сингонии, но кристаллы этого минерала встречаются редко и имеют небольшой размер. Минерал массивный, иногда полосчатый и имеет характерный приятный зеленый цвет. Малахит двуосный, отрицательный. Наибольший и наименьший показатели преломления равны 1,91 и 1,66 соответственно. Двупреломление высокое, но для карбонатного минерала сравнительно небольшое. Блеск стеклянный, с тенденцией к алмазному. Малахит плеохроичен и дает три основные окраски: почти бесцветную, желтовато-зеленую и густо-зеленую; массивные разности шелковистые, твердость 4 по шкале Мооса. Малахит, как и все карбонаты, бурно вскипает с кислотой и легко плавится в пламени паяльной трубки, окрашивая пламя в изумрудно-зеленый цвет.

Малахит — исключительно ценная медная руда. Он встречается на медных месторождениях Нижнего Тагила, на Урале, в Бурро-Бурро в Южной Австралии и в Катанге. Он сопутствует медным рудам в Корнуэлле, во Франции, на Кубе, в Чили и США. Хотя основное значение малахита — руда на медь, он добывается в значительных количествах как поделочный камень. Выше мы уже упоминали о так называемом азуро-малахите.

Морская пенка

Морская пенка, или сепиолит, представляет собой магнезиальный силикат с приблизительной формулой $H_4Mg_2Si_3O_{10}$. Он образует белые массы, которые в свое время пользовались большим спросом как материал для изготовления чашечек курительных трубок, хотя современные курильщики не считают больше делом чести иметь трубку из морской пенки. Какое-то время сепиолит использовался в банях в Марокко вместо мыла. Морская пенка

(Meerschaum) — немецкое название, данное, по-видимому, из-за внешнего вида минерала; название «сепиолит» происходит от греческого слова σηπια (каракатица), поскольку скелетные элементы этого животного имеют сходное пористое строение и белую окраску.

Сепиолит представляет собой тесное смешение двух веществ: аморфного, которое, строго говоря, правильнее называть морской пенкой в узком смысле, и другого, оптически отрицательного, которое можно называть сепиолитом. Показатель преломления около 1.52, удельный вес примерно 2,0; интересно отметить, что благодаря пористости, позволяющей воздуху проникать внутрь минерала, сухие его куски могут плавать в воде. Твердость по шкале Мооса от 2 до $2^1/_2$.

Морская пена является продуктом изменения серпентинитов и добывалась главным образом в Малой Азии и на некоторых прилегающих к ее побережью островах.

Одонтолит

Одонтолит, или костная бирюза, представляет собой зубы и кости мастодонтов и других исчезнувших животных, окрашенные в голубой или зеленый цвет пропитывающими их железистыми растворами (минерал вивианит). Это водный фосфат железа с формулой $Fe_3P_2O_8 \cdot 8H_2O$. Название происходит от греческих слов ὀδοντ-(ὀδούς) и λίθος и означает зуб-камень.

Рентгеновская фотография порошкового препарата голубого одонтолита из Симорр (Франция), сделанная и изученная Баннистером, оказалась совершенно идентичной эталонным рентгенограммам порошковых проб апатита из Мурсии в Испании. Что же касается бирюзы, ее рентгенограммы совершенно иные, и, следовательно, одонтолит не имеет с ней ничего общего.

Слоновая кость и вообще зубная ткань состоит из органического вещества и апатита; кроме того, ее неорганическая составляющая представляет собой гидроксилапатит в отличие от распространенных в земной коре фторапатита и хлорапатита. Поэтому можно априорно ожидать отличий в физических свойствах. Апатит образует кристаллы с гексагональной симметрией, и его показатели преломления в среднем равны 1,637 и 1,640. Соответствующие значения для гидроксилапатита, по-видимому, ниже; во всяком случае показатель преломления слоновой кости и костного материала близок к 1,54. Кристаллы вивианита моноклинные, значения трех показателей преломлений для них равны 1,580, 1,598 и 1,627, но едва ли этот минерал содержится в достаточно большом количестве, чтобы заметно повлиять на оптические свойства. Поскольку в одонтолите преобладает апатит, его показатель преломл-

ления выше, чем у слоновой кости и костного вещества; у одонтолита наблюдались значения в пределах от 1,57 до 1,63. Раньше было отмечено, что для бирюзы установлено значение 1,61. Поэтому показатель преломления не имеет большого диагностического значения; кроме того, его трудно измерить.

Удельный вес одонтолита был тщательно исследован. Для трех вышлифованных кусков были получены значения 3,01, 3,03 и 3,15. Удельный вес слоновой кости колеблется от 1,70 до 1,93 а костей — от 1,94 до 2,10. У апатита как минерала он колеблется в пределах 3,15—3,27, но у карбонатапатита, известного также под названием даллита, удельный вес ниже и составляет 3,05. Диапазон значений для вивианита 2,58—2,68, но присутствие этого минерала вряд ли может оказать существенное влияние на величину удельного веса, и поэтому для одонтолита можно принять размах колебаний этой величины в пределах от 3,0 до 3,2. Низкие значения (были зафиксированы цифры около 2,4), вероятно, указывают на значительное количество включений органического вещества. Удельный вес бирюзы в обычных условиях колеблется от 2,75 до 2,85; из-за пористости могут отмечаться и меньшие значения. Таким образом, удельный вес бирюзы значительно ниже, чем одонтолита, что является хорошим диагностическим признаком.

Твердость одонтолита примерно 5 по шкале Мооса, т. е. такая же, как у апатита.

Одонтолит хорошо определяется по своей органической структуре, которую легко различить, рассматривая поверхность с помощью сильной лупы или под микроскопом. Он неизбежно содержит какое-то количество карбоната кальция, и поэтому, если на обломок капнуть соляной кислотой, будет наблюдаться сильное вскипание. Бирюза, напротив, растворяется спокойно, и поскольку она содержит медь, то при добавлении к раствору аммиака получается приятный голубой цвет. Одонтолит такой окраски не дает.

Пирит и гематит

Два непрозрачных минерала, содержащих железо,— пирит и гематит — в древности использовались для украшений. Их названия очень древние, и оба происходят от греческих слов: пирит от слова πυρίτης (из огня), а гематит от слова αἱματίης (похожий на кровь). Пирит получил свое название благодаря свойству давать искры при ударе стальным кресалом. Плиний, по-видимому, включал в это понятие и другие желтые минералы, такие, как марказит, халькопирит (медный колчедан) и пирротин. Гематит древние греки назвали по его красной окраске в тонких кусках и по красной черте, которую он оставляет, если им провести по поверхности камня, и которая напоминает засохшую кровь.

Пирит, который называют также серным колчеданом, или железным колчеданом, представляет собой сульфид железа с формулой FeS_2. Не затронутый процессами окисления, он имеет бронзово-желтую окраску; блестящие кристаллы, например с острова Эльбы, очень красивы. Пирит кристаллизуется в кубической сингонии, но вместо осей четвертого порядка у него имеются оси только второго порядка. Это можно видеть на рис. 134, где изображен пентагондодекаэдр — форма кристалла, настолько характерная для пирита, что она названа пиритоэдром. Часто встречается куб, грани которого обычно несут штриховку, выявляющую неполную симметрию куба. Удельный вес свежих кристаллов пирита

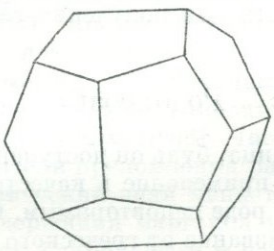


Рис. 134. Пентагондодекаэдр (пиритоэдр).

колеблется от 4,84 до 5,02; твердость по шкале Мооса $6^1/_2$, т. е. несколько выше, чем у стали.

Пирит используют для изготовления недорогих ювелирных украшений, и он поступает в продажу под неправильным названием «марказит». (Это название торговцы ювелирными изделиями искажают и произносят «маркезит», причем под этим названием часто идет не минерал, а полированная сталь или другие металлы, а иногда даже эмали.) Минерал марказит имеет такой же химический состав, как и пирит, но другую структуру, относясь к ромбической сингонии. Путаница с названиями берет начало в XVIII в., когда еще не умели точно различать минералы и путали пирит и марказит, а поделки из них шли в продажу как марказит. Название происходит от латинского слова marcasita, но его первоначальное происхождение не установлено, поскольку арабское слово, которое считают источником названия, возможно, в свою очередь заимствовано из какого-то европейского языка.

Гематит (имеет в английском написании два варианта: haematite и hematite), кровавик, или железный блеск, представляет собой окисел железа с формулой Fe_2O_3. Для ювелирных изделий используется блестящая черная разность, но в обломках и в порошке он имеет красноватый оттенок, что позволяет отличать его от других черных минералов. Гематит кристаллизуется в тригональной сингонии. Кристаллы обычно представляют собой ромбоэдр, иногда

видоизмененный или сплюснутый параллельно базису. Обычны сдвойникованные кристаллы, и в некоторых случаях двойникование повторяется, так что получается розетка. Удельный вес кристаллов изменяется от 4,95 до 5,16, а твердость по шкале Мооса составляет $6^1/_2$; иногда, у плотных разностей, она немного меньше. Современная огранка придает минералу сферическую форму, имитирующую черный жемчуг, но от него гематит легко отличить по большему удельному весу и твердости. Гематит применяют для изготовления перстней с печаткой, часто с врезанной гравировкой.

Гематит представляет собой важную руду железа. Пирит для этой цели совершенно непригоден, так как железо в нем связано с серой; он используется для получения серы и серной кислоты.

Родохрозит

Этот минерал марганца, будь он доступен в более крупных масштабах, мог бы найти применение в качестве поделочного камня, причем был бы в своем роде неповторимым. Он представляет собой карбонат и получил название от греческого слова ῥοδόχρως (цвета розы).

Родохрозит является одним из минералов группы кальцита, его химическая формула $MnCO_3$. Нормальная окраска — розово-красная, но в результате изоморфных замещений марганца железом, кальцием или магнием появляются бурые или желтые оттенки. Кристаллы относятся к тригональной сингонии и обладают тремя направлениями спайности, по которым легко раскалываются; эти направления параллельны граням примитивного ромбоэдра. Минерал одноосный, отрицательный. Он характеризуется высоким двупреломлением и показателями преломления, колеблющимися от 1,597 до 1,605 и от 1,817 до 1,826. Блеск приближается к жемчужному на поверхностях спайности, в остальной части стеклянный. Удельный вес розово-красных разностей равен примерно 3,70, но с возрастанием количества железа увеличивается. Наличие примесей может снизить удельный вес камня до 3,46. Твердость почти такая же, как у флюорита, и равна 4 по шкале Мооса.

Родохрозит — акцессорный минерал, сопровождающий минералы серебра, свинца и меди. Он найден на реке Капнике в Венгрии, близ Фрейбурга в Саксонии, в Ледвилле в шт. Колорадо и в Сан-Луисе в Аргентине.

Родонит

Лучшие разновидности родонита представляют собой красивый поделочный камень, если их распилить и отполировать. Цвет минерала обычно розово-красный и обусловлен присутствием марганца; характерны красно-розовый, мясо-красный и коричневато-красный цвета, но при химических изменениях марганца он становится черным, а иногда наличие примесей превращает его в желтоватый или зеленоватый. Названием минерал обязан наиболее красивой из своих окрасок: оно происходит от греческого слова ῥόδον (роза). По химическому составу родонит — силикат марганца с формулой $MnSiO_3$, причем обычно часть марганца замещена железом, кальцием или цинком.

Родонит триклинный и имеет два направления совершенной спайности, ориентированные друг относительно друга под углом 87°31,5′, т. е. почти под прямым углом. Чистый родонит двуосный, отрицательный; показатели преломления равны 1,733 и 1,744. При наличии примесей оптический знак меняется на положительный. По мере снижения содержания марганца уменьшается и преломление, и тогда значения наименьшего и наибольшего показателей снижаются до 1,716 и 1,728. Блеск стеклянный, но на поверхностях спайности близок к перламутровому. Удельный вес колеблется от 3,40 до 3,67, твердость по шкале Мооса — от $5^1/_2$ до $6^1/_2$.

Родонит добывается близ Свердловска на Урале [1] как поделочный камень. В качестве второстепенного минерала он встречается на некоторых марганцевых месторождениях центральной Индии. К другим его месторождениям относятся старые разработки серебра в Бьютте в шт. Монтана; Розамонд в Калифорнии, где добывают прекрасный густоокрашенный родонит; Фупфорд-Харбор, на острове Солт-Спринг в Британской Колумбии; Брокен-Хилл в Австралии.

---

[1] Уральский орлец, называемый также родонитом, представляет собой метаморфизованный пласт силикатных марганцевых руд, тектонически разбитый на отдельные очень небольшие тела, залегающие среди других кристаллических сланцев. Кроме собственно родонита, в состав породы входит родохрозит (ярко-розовый), спессартин (марганцевый гранат, желтовато-бурый, светлый) и бустамит (марганцевый силикат, близкий к родониту, бурый, волокнистый). Месторождение находится в низах коры выветривания, и по трещинам марганцевые минералы переходят в черные и темно-бурые окислы марганца. Все эти цветовые различия придают неповторимую прелесть уральскому орлецу, и этим он выгодно отличается от родонитов других месторождений, которые хотя и обладают красивым розовым цветом, но гораздо менее живым и разнообразным. Каждое изделие из орлеца совершенно неповторимо и имеет свой особый узор.— *Прим. ред.*

Серпентин

Серпентин является продуктом изменения оливина и других силикатов; он иногда сохраняет форму кристаллов первичного минерала. Серпентин встречается в огромных количествах и благодаря сравнительно небольшой твердости на протяжении столетий широко использовался как материал для изготовления камей, резьбы по камню и вообще для декоративных целей. Знаменитая «верде антик» представляет собой зеленую серпентиновую породу с белыми прожилками кальцита. Серпентин вследствие особенностей своего образования имеет исключительно разнообразный внешний облик, но наиболее ценятся его образцы, окрашенные в какой-либо из оттенков зеленого цвета. Название связано с часто наблюдающейся пятнистой окраской, напоминающей окраску кожи змеи.

По химическому составу серпентин представляет собой водный магнезиальный силикат с примерной формулой $H_4Mg_3Si_2O_9$, причем магний почти всегда частично замещен железом. Без сомнения, именно присутствие железа в закисной форме является причиной зеленой окраски серпентина. Минерал чаще всего образует псевдоморфозы по оливину или пироксену (псевдоморфозой называется кристалл, сохранивший внешнюю форму первичного кристалла, но полностью или почти полностью изменивший свой состав). Серпентин двуосный, отрицательный, но из-за малого двупреломления часто кажется почти изотропным. Показатели преломления очень изменчивы и колеблются в пределах от 1,490 до 1,571. Блеск близок к смолистому или жирному. Удельный вес колеблется от 2,5 до 2,6. Поскольку серпентин образовался за счет ряда минералов, имевших различную твердость и степень изменения, он отличается исключительно большими колебаниями твердости. Обычно она колеблется от $2^1/_2$ до 4 по шкале Мооса, что позволяет обрабатывать камень стальными инструментами. Гораздо тверже нефритоподобный серпентин, который иногда называют бовенитом; его твердость 5—6, а удельный вес около 2,6. Эта разновидность часто выдается за нефрит, одну из разновидностей жада. Поэтому так называемые корейский жад и новый жад в действительности представляют собой серпентин. (Между прочим, бовенит был первоначально описан Боуэном как нефрит и впоследствии получил название в его честь, когда был установлен его истинный характер.) Темно-зеленый серпентин называется вильямситом; его показатель преломления равен примерно 1,56, удельный вес 2,61, что близко к соответствующим величинам для других разновидностей серпентина, хотя удельный вес вильямсита несколько выше, чем у большинства бовенитов [1].

[1] Нефритоподобные серпентиниты были описаны проф. Г. П. Барсановым еще в 1927 г. на Кавказе. Подобные серпентиниты широко эксплуати-

Волокнистая форма серпентина — хризотил используется не только для поделок: он составляет большую часть асбеста, применяемого в промышленности. Название «хризотил» образовано от греческих слов χρυσός (золото) и τίλος (волокно), а название «асбест» — от латинской формы греческого слова ἄσβεστος (несгораемый).

Серпентин образуется в основном при изменении богатых магнием ультраосновных пород, таких, как дуниты и перидотиты, и широко распространен по всему миру. В Великобритании наиболее известны месторождения Лизард в Корнуэлле, Портсой в графстве Банф и Росколин в Холи-Айленде в графстве Энглси. Месторождения бовенита расположены на острове Южном в Новой Зеландии, в Афганистане, Пакистане и, видимо, в провинции Хунань в Китае. Наиболее известным источником вильямсита являются хромитовые рудники на границе шт. Мэриленд и Пенсильвания в США.

Другим продуктом изменений является псевдофит (иногда его называют «стирийский жад»), заслуживающий упоминания среди поделочных камней. Он принадлежит к группе хлоритов и назван так за свое сходство с серпентином (от ψεύδος — ложный и ὄφίτης — подобный змее). Это плотный, массивный, зеленоватый минерал, мягкий, с твердостью всего около $2^1/_2$. Удельный вес псевдофита около 2,76. Он встречается в Чехословакии, в Венгрии и в Намибии.

Смитсонит

Смитсонит является важной рудой цинка и получил свое название в честь Джеймса Смитсона. Он иногда встречается в виде зеленоватых или зеленовато-голубых разностей, окраска которых обусловлена соединениями меди; их добывали и обрабатывали, поскольку в обработанном виде они немного напоминают бирюзу. О путанице в названиях этого минерала и силиката цинка — гемиморфита было сказано выше. Разновидность смитсонита яблочно-зеленого цвета из шт. Нью-Мексико была названа владельцами фирмы «Братья Гудфренд» бонамитом по французскому переводу их собственной фамилии (англ. good friend — фр. bon ami).

Смитсонит — карбонат цинка с формулой $ZnCO_3$. Он входит в одну группу минералов с кальцитом. Цвет его обычно белый

руются на Кубе, где они слагают довольно крупный холм — гору Пело-Мало.

Следует отметить, что серпентиниты, образованные при изменении ультрабазитов, очень редко используются как поделочный камень. Значительно более популярен офикальцит — серпентин, образовавшийся в результате изменения осадочного доломита или магнезита. Эти серпентиниты обладают красивым светло-зеленым цветом и несколько напоминают светлые нефриты. Крупные месторождения офикальцита известны в Китае.— *Прим. ред.*

или сероватый, а зеленая или зеленовато-голубая окраска, о которой говорилось выше, довольно редка. Смитсонит кристаллизуется в тригональной сингонии, но кристаллы редки, обычно минерал встречается в виде плотных масс. Как и другие карбонаты, он обладает превосходной спайностью в трех направлениях, параллельных граням ромбоэдра. Минерал одноосный, отрицательный, с высоким двупреломлением; показатели преломления 1,621 и 1,849. Блеск стеклянный, с переходом к перламутровому на плоскостях спайности. Удельный вес 4,30—4,45, твердость близка к твердости апатита, являющегося эталоном 5 в шкале Мооса.

Полосчатый голубой и зеленый смитсонит найден в Лаврионе в Греции, а недавно голубовато-зеленый просвечивающий минерал обнаружен на месторождении Цумеб в Намибии. Минерал найден в Сардинии, близ Сантандера в Испании и в шт. Нью-Мексико в США.

Содалит

Содалит, массивный минерал, близко напоминающий ляпис-лазурь, заслуживает большего внимания, чем ему уделяется. В значительных количествах он встречается в Гастингсе в провинции Онтарио в Канаде и в Литчфилде в шт. Мэн в США. Данные о физических и химических свойствах содалита приведены при описании ляпис-лазури.

Ставролит

Крестообразные двойники ставролита, встречающиеся в Швейцарии, использовались жителями Базеля в качестве амулетов при крещении. По этим двойникам минерал и получил свое название от греческого слова σταυρός (крест).

По химическому составу ставролит представляет собой водный железо-алюминиевый силикат, состав которого очень приблизительно может быть выражен формулой $H_2FeAl_4Si_2O_{12}$; именно эту формулу использовали, когда впервые пытались объяснить структуру минерала. Он образует призматические кристаллы ромбической сингонии, обычно сдвойникованные так, что индивидуальные кристаллы срастаются под прямым углом или под углом 60° друг к другу (рис. 135). Более всего ценятся разновидности, окрашенные в густой красновато-бурый цвет, но окраска может быть более темной, до почти черной. Кристаллы в лучшем случае слабо просвечивают, а часто совершенно непрозрачны. Минерал двуосный, положительный; показатели преломления 1,736 и 1,746. Блеск полустеклянный, с переходом в смоляной. Удельный вес

колеблется от 3,65 до 3,75, твердость 7 или несколько выше по шкале Мооса.

Характерные двойники ставролита позволяют безошибочно его распознавать. Однако сложные изысканные крестики, которые иногда предлагают туристам, изготовлены вовсе не в великой мастерской природы!

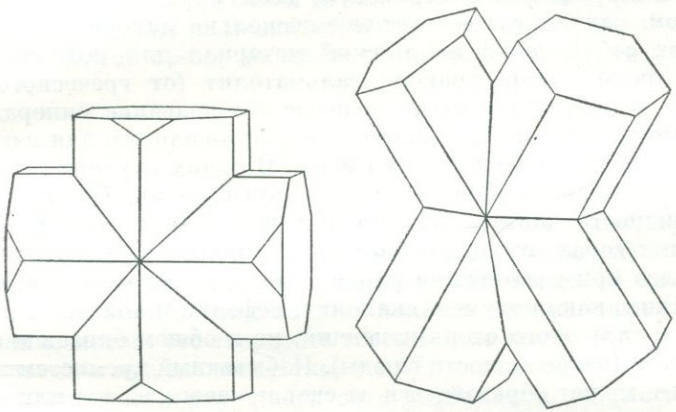


Рис. 135. Сдвойникованные кристаллы ставролита.

Ставролит обнаружен во многих районах: в Швейцарии, в СССР, в США и в Афганистане. Лучшие образцы найдены в Швейцарии, где ставролит встречается вместе с кианитом.

Стеатит

Стеатит, или жировик, представляет собой массивную разновидность талька, водного силиката магния, формула которого $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$. Цвет минерала белый или серый, часто с зеленым или красным оттенком. Из-за своей мягкости он кажется жирным на ощупь, откуда и происходит его название «жировик».

Тальк — минерал моноклинной сингонии, но обычно он образует плотные массы. Максимальный и минимальный показатели преломления равны 1,590 и 1,540, минерал почти одноосный, отрицательный. Блеск почти перламутровый. Удельный вес равен приблизительно 2,75 и колеблется в зависимости от загрязняющих примесей. Тальк — один из самых мягких минералов и поэтому был выбран Моосом в качестве эталона твердости 1 его шкалы. Массивные куски могут быть заметно тверже из-за примесей.

Поскольку жировик легко обрабатывается ножом, китайцы широко используют его для вырезания скульптур и других изделий.

Благодаря огнестойкости и электроизолирующим свойствам он находит применение в различных отраслях электропромышленности. Порошкообразный тальк используется как наполнитель, как составная часть штукатурки и т. д.; в обиходе тальк наиболее привычен в виде пудры и «французского мела».

Тальк образуется в результате изменения магний содержащих пород и широко распространен во всем мире.

Кроме талька, существует еще несколько минералов, представляющих собой такой же мягкий материал для поделок. Среди них широко распространен агальматолит (от греческого слова ἄγαλμα — лицо), или пагодит; последнее название минерал получил потому, что китайцы широко использовали его для изготовления скульптур, моделей пагод и пр. В одних случаях агальматолит представляет собой стеатит, в других — это богатые слюдой разновидности пинита, получившего название от рудника «Пини» в Рудных горах, где его обнаружили в конце XVIII в. Пинит образовался при разложении кордиерита, а также еще ряда минералов, таких, как сподумен, скаполит, нефелин и полевой шпат. Его состав в силу этого очень изменчив, но в общем близок к составу мусковита (разновидности слюды). Избыточный кремнезем в агальматолите может образоваться за счет полевого шпата или кварца. Обычно он окрашен в сероватые оттенки зеленого, бурого или желтого цвета. Твердость изменяется от $2^1/_2$ до $3^1/_2$, а удельный вес — от 2,78 до 2,81; блеск из-за мягкости камня восковой.

Часть агальматолитов представляет собой плотную разновидность пирофиллита, название которого связано с его способностью при нагревании распадаться на листочки и происходит от греческих слов πῦρ (огонь) и φύλλον (лист). Пирофиллит — водный силикат алюминия с формулой $Al_2(OH)_2Si_4O_{10}$. Такой агальматолит имеет белую, серую или зеленоватую окраску, очень мягок (твердость 1—2 по шкале Мооса) и поэтому кажется жирным на ощупь. Удельный вес 2,8—2,9, показатели преломления 1,552 и 1,600. Минерал относится к моноклинной сингонии, положительный. Часть пирофиллита имеет листоватое сложение. Компактная разность встречается в США в виде мощных пластов.

Жировик, или мыльный камень, может быть также минералом сапонитом, название которого образовано от латинского слова sapo (мыло). Это водный алюмосиликат. В свежем виде он мягок, как масло, но, высыхая, становится хрупким. Цвет от белого до зеленоватого, голубоватого или красноватого. Минерал двуосный, отрицательный; показатель преломления 1,48 и 1,52, удельный вес 2,24—2,30. Сапонит найден в Лизарде, в Шотландии, а также в шт. Мичиган в США и в провинции Онтарио в Канаде.

Так называемый сапонит из Пломбьера во Франции представляет собой глину — монтмориллонит, название которой происходит от месторождения Монтмориллон, расположенного вблизи

Вьенна во Франции. Это очень мягкий минерал, распадающийся в воде. Удельный вес и показатель преломления равны соответственно 2 и 1,52, цвет от белого до красноватого или зеленоватого. Монтмориллонит — глинистый минерал, водный алюмосиликат. Термин «каолин», который применяют для обозначения огнеупорной глины, представляет собой искаженное китайское слово Kauling (высокая гряда), являющееся названием горы близ Фучжоу, где каолин долгое время добывался как сырье для изготовления фарфора [1].

Стихтит

Стихтит представляет собой водный карбонат магния, хрома и железа. Он встречается в виде массивных агрегатов слюдоподобных кристаллов. Обладает красивой розовой окраской цвета сирени или розы. Иногда стихтит обтачивают в виде кабошона, но он чрезвычайно мягок: его твердость всего $1^1/_2$ по шкале Мооса. Средний показатель преломления около 1,53, удельный вес от 2,15 до 2,22. Поскольку минерал относится к карбонатам, он растворяется в кислоте с бурным вскипанием. Стихтит встречается как продукт изменения в серпентине. Он (или очень близко родственный минерал) был описан в Тасмании (где и получил название в честь Стихта), а также в Трансваале, Замбии, Марокко, в провинции Квебек и на Шетландских островах.

Томсонит

Томсонит относится к семейству цеолитов и назван в честь Томсона. Это водный алюмосиликат кальция и натрия. Кристаллизуется в ромбической сингонии. Минерал без примесей — бесцветный и не представляет интереса как поделочный камень. Однако, подобно хлорастролиту, он встречается в выветрелых лавах в районе озера Верхнего в виде округлых агрегатов различной окраски; при этом пятна или полосы имеют красный, желтый, коричневый и реже зеленый (линтонит) цвет. Средний показатель преломления около 1,52, т. е. значительно меньше, чем у хлорастролита. Твердость от 5 до $5^1/_2$, удельный вес 2,3—2,4. Единственное значительное месторождение — это район озера Верхнего.

[1] Китайский агальматолит, месторождение которого находится к югу от Шанхая, представляет собой типичный пирофиллит. Все упомянутые в этом разделе минералы — тальк, разные слюдяные псевдоморфозы, сапонит (собственно мыльный камень), монтмориллонит и каолин — очень хорошо определяются по своим свойствам даже в изделиях. Следует отметить, что глинистые минералы — сапонит, монтмориллонит и каолин — размокают в воде и не используются для поделок.— *Прим. ред.*

Тугтупит

Минерал фиолетово-красного цвета, открытый в 1960 г. в двух различных местностях — в южной Гренландии и на Кольском полуострове, оказался ранее неизвестным силикатом натрия и алюминия, содержащим бериллий и близким к содалиту. Его формула $Na_8Al_2Be_2Si_8O_{24}(Cl, S)_2$. Он кристаллизуется в тетрагональной сингонии. Показатели преломления 1,496 для обыкновенного и 1,502 для необыкновенного луча. Определения удельного веса дали цифры 2,30 и 2,57, что объясняется наличием посторонних включений. Твердость от 6 до 7 по шкале Мооса. Название дано по урочищу в Гренландии и означает «олений камень». Открытый к настоящему времени материал красного цвета с искрами белого, зеленого и желтого цвета может быть обработан в виде кабошонов. В длинноволновом ультрафиолетовом излучении наблюдается яркая оранжевая флюоресценция.

Варисцит

Варисцит назван по древнему наименованию одного из районов Саксонии — Варисции, где этот минерал, представляющий собой водный фосфат алюминия, был впервые обнаружен. Его формула $AlPO_4 \cdot 2H_2O$. Окрашен варисцит в различные оттенки зеленого цвета из-за присутствия железа и хрома, которые частично замещают алюминий. Минерал двуосный, отрицательный; показатели преломления колеблются от 1,55 до 1,56 и от 1,58 до 1,59 для обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно; величина показателей преломления зависит от примеси железа. Блеск стеклянный. Удельный вес от 2,52 до 2,60, твердость 5 по шкале Мооса.

Варисцит неожиданно приобрел значение поделочного камня, когда в шт. Юта, Невада и Аризона в США были найдены его зеленые конкреционные массы, напоминающие бирюзу. Сначала им дали название «юталит» по названию шт. Юта, но оно оказалось неудачным, поскольку такой минерал был уже известен в минералогии, причем это был водный сульфат железа. Конкреции варисцита в кварце и халцедоне назвали «аматрикс»; они дают очень красивые образцы благодаря концентрическим полосам различной окраски: зеленая центральная часть окружена серыми, зеленоватыми или буроватыми оболочками. Твердость благодаря примеси кремнезема несколько выше, чем у варисцита, и равна 5—6 по шкале Мооса.

Виолан

Массивный фиолетово-голубой пироксен, получивший название из-за своей окраски (от violet — фиолетовый), по химическому составу близок к диопсиду. Показатель преломления около 1,69, удельный вес 3,23, твердость 6 по шкале Мооса, блеск восковой. Отполированная поверхность очень красива. Типичное месторождение — Сан-Марчелло в Италии.

Вардит

Вардит, названный в честь Уорда, представляет собой водный фосфат алюминия с формулой $Na_4CaAl_{12}(PO_4)_8 \cdot 6H_2O$. Бледно-зеленые зернистые массы, образующие пласты, встречены в шт. Юта в США. Кристаллы, видимо, тетрагональные, с превосходной спайностью. Твердость примерно 5 по шкале Мооса, удельный вес 2,81, показатели преломления 1,590 и 1,599; минерал одноосный, положительный.

Г. ОРГАНОГЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Из веществ, рассматриваемых в данном разделе, ни одно не может считаться драгоценным камнем в узком смысле этого слова. Их можно считать драгоценностями только потому, что они представляют собой красивые объекты, но они, безусловно, не являются «камнями» по той неоспоримой причине, что образование их связано с живой материей. Однако было бы полнейшим педантизмом исключить из ряда драгоценных камней жемчуг, который с древнейших времен занимал одно из первых мест среди драгоценностей. Так, Плиний пишет, что жемчуг занимает наиболее высокое положение как драгоценный камень, а в другом месте он помещает его сразу же после алмаза, но перед изумрудом. Коралл, янтарь и гагат также часто используются или использовались в ювелирном деле. Слоновая кость и черепашьи панцири, по общему мнению, относятся к другой категории материалов, так как они применяются для изготовления украшений иного рода. Описание в данной книге слоновой кости оправдано с научной точки зрения, поскольку она аналогична жемчугу: оба этих материала выделяются живыми организмами и оба представляют собой смесь минерального и органического веществ, хотя и разных по характеру. Коралл в данной группе материалов стоит особняком, потому что он почти нацело сложен простым минералом. С другой стороны, гагат имеет растительное происхождение и не содержит минеральных веществ. Однако он отличается по своим свойствам от янтаря и природных смол, которые также имеют растительное происхождение. С точки зрения ювелира янтарь — самая ценная разновидность природных смол. Панцири черепах нацело сложены органическим веществом, и включение их в данный раздел книги может быть оправдано только лишь тем, что они сродни слоновой кости и используются для изготовления близких по назначению изделий. Поскольку в данный раздел введено описание слоновой кости, желательно также включить в него и описание искусственного вещества, а именно целлулоида, или ксилонита, который на протяжении многих лет заменял ее в различных областях. Это вещество представляет собой искусственную смолу. В последние годы интенсивно развивалось производство пластмасс. Некоторые из них, как бесцветные, так и цветные, очень хороши для декоративных целей.

39
Жемчуг

а. Естественный жемчуг

С того незапамятного дня, когда некий полуголый дикарь в поисках сочной мясной пищи открыл раковину устрицы и, к своему удивлению, нашел внутри нее хрупкое серебристое зерно, мерцавшее в лучах тропического солнца, и непрерывно вплоть до наших дней жемчуг занимает особое место в ряду драгоценностей. Хотя он и не обладает долговечностью, его красота неоспорима, а крупные экземпляры достаточно редки и стоят чрезвычайно дорого. Несмотря на конкуренцию со стороны искусственно выращиваемого жемчуга и широко распространенных ныне имитаций, естественный жемчуг ценится столь же высоко, как и прежде.

Способность к выделению известкового вещества свойственна многим представителям животного царства. Известковые фосфаты являются главной составной частью костей и зубов, а карбонаты слагают яичную скорлупу и раковины моллюсков. Именно эта способность, проявляющаяся у некоторых видов моллюсков, приводит в особых ненормальных условиях к образованию очень эффектных, переливающихся на свету шариков, известных как жемчужины.

Самые красивые жемчужины образуют некоторые виды двустворчатых моллюсков, у которых, как указывает их название, есть пара выпуклых створок, скрепленных друг с другом на одном из краев; в образуемой этими створками полости и обитает само животное. Моллюски имеют простое строение. Они состоят 1) из массы внутренних органов, лишенной головы, причем жабры служат как для питания, так и для дыхания, 2) ноги, 3) пучка роговых волокон (биссус), которые выдвигаются из раковины наружу и служат для прикрепления ее к камням или кораллам на дне моря, и 4) мантии, которая является наиболее примечательным органом этого животного. Мантия представляет собой две лопасти, или клапана, обволакивающих внутренние органы; на поверхности мантии расположены клетки эпителия, обладающие секреторной способностью. Выделяемый этими клетками материал различен, и его характер зависит от положения клеток на лопастях мантии. Клетки, расположенные на краю внешней

поверхности каждой лопасти, выделяют органическое вещество конхиолин (склеропротеин), имеющий коричневый или черный цвет. На некотором удалении от края на внешней поверхности лопастей расположена зона, клетки которой выделяют карбонат кальция в виде призм, сложенных кальцитом или арагонитом. Жемчужные устрицы выделяют предпочтительно кальцит, а жемчужные мидии — арагонит. Еще дальше от края (по внешней поверхности) располагается зона, клетки которой выделяют карбонат кальция в виде мелких чешуек, слагающих вещество, известное под названием перламутра. Таким образом, раковина состоит из трех слоев, процесс образования которых происходит непрерывно и одновременно с ростом животного. По мере роста мантии образуется слой конхиолина достаточной толщины; вторая зона клеток откладывает на внутренней поверхности конхиолинового слоя слой призматического карбоната кальция, и, наконец, третья зона клеток мантии выстилает его изнутри перламутром. Следует отметить, что клетки как второй, так и третьей зон выделяют также небольшое количество конхиолина, который служит цементирующим материалом. Когда требуется восстановить поврежденную раковину, все клетки эпителия способны, по-видимому, отлагать все три слоя в правильной последовательности. Обе створки раковины могут поворачиваться около замочного края, обычно оснащенного так называемыми «зубами». Створки соединены сильным мускулом. Когда мускул расслаблен, створки открыты и животное обнажено. Пища в форме растительных остатков, простейших и т. д. заносится с током воды, создаваемым ресничками, в жабры.

Любой двустворчатый или одностворчатый моллюск, обладающий раковиной с перламутровым слоем, способен породить жемчужину, однако в съедобных моллюсках даже мельчайшие жемчужины встречаются очень редко. В полной мере этой способностью обладают лишь две группы моллюсков: жемчужные устрицы *Pinctada* и жемчужные мидии; только они позволяют вести экономически выгодную систематическую добычу жемчуга. С древнейших времен жемчуг добывали в Персидском заливе близ берегов Аравийского полуострова и в заливе Манаар у северо-западного побережья Цейлона. Эти знаменитые районы добычи жемчуга сохраняют свое значение и поныне: значительная доля поступающего на рынок жемчуга добыта в Персидском заливе.

В древности много жемчуга добывалось в Красном море, но в настоящее время он здесь встречается редко. В наши дни важным районом добычи жемчуга, и в особенности перламутра, являются северное и северо-западное побережья Австралии. Жемчуг добывается также на островах Мергуи у берегов Южной Бирмы; в море Сулу; на острове Таити и других островах Тихого океана;

близ берегов Новой Гвинеи и Калимантана; в Мексиканском заливе; у побережья Венесуэлы, где жемчуг находил еще Колумб; в Калифорнийском заливе и у западного побережья Южной Америки. Жемчуг найден также у берегов Японии, но добыча естественного жемчуга здесь уступила место искусственному выращиванию жемчужин. Римляне собирали речной жемчуг в Англии; полагают, что одна из этих жемчужин, происходящих с реки Конуэй, входит в число регалий Британской короны. В прежние времена в Европе высоко ценился жемчуг из ирландских горных речек. В настоящее время речной жемчуг систематически добывается лишь в реках Баварии и Северной Америки.

Самыми крупными жемчужными раковинами являются *Pinctada vulgaris*, которые в изобилии встречаются в Персидском заливе и в заливе Манаар. Они известны также у берегов Малаккского полуострова и у берегов Австралии и Новой Гвинеи, но в этих водах они не являются главным промышленным видом жемчужниц. Раковины этого моллюска сравнительно невелики, около 6 см в диаметре, хотя раковины, встречающиеся в Персидском заливе, несколько крупнее. Разновидность из Персидского залива имеет более темную окраску, чем раковины с Цейлона, и характеризуется отчетливым красноватым оттенком по сравнению с розовой окраской последних. Из Персидского залива экспортируется много раковин. Они отличаются красивым серебристо-белым цветом, правильной формой и красивым блеском содержащихся в них жемчужин, которые поэтому стоят дороже других жемчужин такого же размера. Эти жемчужины невелики, редко превышают по весу 12 гран, и известны под названием «зерновой жемчуг». Этот вид моллюсков добывается почти исключительно ради жемчужин, а сами его раковины имеют сравнительно небольшое значение.

Следующим видом в ряду производящих жемчуг моллюсков, превосходящим вышеописанный как источник перламутра, является вид *Pinctada margaritifera*. Эти устрицы-жемчужницы распространены у северного побережья Австралии. Более крупный, размером до 20 см в диаметре, этот моллюск ценится главным образом из-за своей раковины и лишь иногда из-за содержащихся в раковинах жемчужин. Он пользуется широким распространением и подразделяется на ряд разновидностей. Одна из них — раковины из Австралии, которые характеризуются черной окраской края раковины. Другие, более мелкие, встречаются в Персидском заливе; они добываются ради перламутра, который известен как «бомбейская раковина». Перламутр этих раковин слегка розовый, а по краю зеленовато-желтый; жемчужины имеют желтоватый оттенок. Близкая разновидность, обитающая в Красном море, обладает более темным перламутровым слоем, который называется «египетской раковиной», или «александрийской раковиной»,

потому что до открытия Суэцкого канала эти раковины продавались в Александрии.

Раковины, обладающие зеленым перламутром и почти такие же крупные, как и австралийские жемчужницы, обитают у берегов островов, расположенных в южной части Тихого океана. Раковины имеют черные края и называются таитянскими, гамбийскими или оклендскими в соответствии с названиями центров экспорта. Наконец, разновидность устриц с зеленым краем перламутрового слоя, которая распространена в Калифорнийском заливе, поставляет панамские раковины. Эта разновидность примечательна тем, что дает черные жемчужины.

Наиболее крупной из жемчужных устриц является *Pinctada maxima*, которая обитает у северных и западных берегов Австралии и у берегов Малаккского полуострова. Раковины этого вида имеют приблизительно 30 см в диаметре, а пара створок весит до 5,5 кг. Они дают самые крупные жемчужины, но коммерческая ценность их заключается преимущественно в перламутре, который называется сиднейской, или квинслендской, дарвинской, западноавстралийской, новогвинейской, манильской, макасарской или мергуйской раковиной в соответствии с названиями центров их сбыта. Перламутр раковин из различных районов характеризуется небольшими различиями в окраске. Так, у австралийских раковин он почти однообразный серебристо-белый, у раковин из Макасара перламутр сходен по цвету, но лучше ирридирует, а у манильских раковин он обладает широкой золотистой каймой. Желтые жемчужины дает небольшой по размеру вид *Pinctada carchiarium*, живущий в заливе Шаркс-Бей на побережье Западной Австралии. Эти раковины диаметром около 8 см имеют желтовато-зеленый перламутровый слой с бледно-желтой окраской края. Небольшими раковинами характеризуются *Pinctada radiata*, обитающая главным образом близ острова Маргарита у берегов Венесуэлы, и *Pinctada martensi*, живущая близ островов у южного побережья Японии. Данные об объеме добычи естественного жемчуга в водах Японии не публикуются, поскольку сбыт его отдельно от искусственно выращиваемого жемчуга связан с большими трудностями.

Жемчужные унии, которые обитают во внутренних водах, относятся к семейству Unionidae. В Европе представителем этого семейства является *Margaritifera margaritifera*, которая имеет исторический интерес как производитель жемчуга и, кроме того, добывается в ограниченных масштабах и сейчас, так как ее раковина служит материалом для изготовления пуговиц. Из описаний Светония, Тацита и Плиния [1] явствует, что «речной жемчуг»

[1] «Хорошо известно, что в Британии находят жемчужины, правда небольшой величины и плохого цвета. Нагрудное украшение, принесенное

Британии был знаком римлянам и высоко ценился ими. Длительное время пользовался признанием и речной жемчуг из горных ручьев Ирландии. Несколько видов жемчужных уний добывается в США ради их раковин, из которых изготавливают перламутровые пуговицы. Наиболее важным является *Quadrula ebena* — «голова негра», раковина которого достигает 10 см в диаметре и весит 1000 г. Многие тысячи тонн этих жемчужных уний добыто в долине Миссисипи; они шли главным образом на изготовление пуговиц, хотя в них были найдены и ценные жемчужины. Сходным видом является *Pleurobema aesopus* — «бычья голова», но перламутр этих раковин не так хорошо ирризирует, и содержащиеся в них жемчужины имеют не столь высокое качество. Наилучший жемчуг извлекают из раковин видов *Quadrula undulata* и *Quadrula plicata*, хотя сами раковины этих видов и не имеют такого значения. Удлиненные раковины рода *Lampsilis*, достигающие в длину 15 см, довольно плоские и очень удобны для изготовления пуговиц; они пользуются большим спросом, как и сходные по форме раковины вида *Tritogonia verrucosa*, которые обладают красивым ирризирующим перламутром. Раковины вида *Plagiola securis* обладают необычайно стойким блеском и дают красивые жемчужины.

Полагают, что жемчужные устрицы, если их не тревожить, живут от трех до одиннадцати лет. Жемчужные унии живут гораздо дольше — до пятидесяти или даже до ста лет, если с ними не случится ничего необычного. Из других производящих жемчуг моллюсков можно упомянуть морских мидий, представителей рода *Pinna* и гигантских *Tridacna gigas*. Раковины последнего вида являются наиболее крупными и тяжелыми из всех известных науке. Они могут достигать 1 м в диаметре и весят до 225 кг. Следует упомянуть о виде *Strombus gigas*, одном из наиболее крупных представителей брюхоногих моллюсков, раковина которого может достигать 30 см в диаметре при весе до 3 кг. Эти раковины высоко ценятся из-за их красивого розового цвета и изящной формы, но жемчужины красивого розового цвета находят в них лишь случайно. Этот моллюск обитает в водах Карибского моря, особенно вокруг Багамских островов и у побережья Флориды. Жемчужины, весьма напоминающие только что описанные, но обладающие очень бледной окраской, находят в раковинах *Buccinum undatum*.

Жемчуг дают также раковины семейства Haliotidae, которые по форме напоминают ухо человека. Их перламутр по качеству превосходит перламутр многих жемчужных устриц. Находимые в них жемчужины, хотя обычно и невелики, представляют боль-

божественным Юлием Цезарем в дар Венере и хранящееся в ее храме, сделано из британских жемчужин».

шой интерес, так как они окрашены в необычные цвета. Наиболее часто они имеют зеленый цвет, но встречаются также жемчужины желтого и даже голубого цвета.

Образование жемчуга моллюсками — ненормальный процесс. Если моллюск здоров или не подвергался нападениям врагов, он не породит жемчужины, и на наличие жемчужины в раковине часто указывает ее искаженная форма. Это своеобразный поисковый признак, которым пользуются искатели жемчуга. Приблизительно лишь одна из сорока устриц содержит жемчужины, как правило, одну или максимум три, хотя говорят, что в Индии однажды было найдено восемьдесят семь, а на Цейлоне — шестьдесят семь жемчужин в одной раковине. Чем больше в раковине жемчужин, тем они мельче; крупные жемчужины всегда встречаются поодиночке. Сравнительная редкость жемчужин и еще большая редкость жемчужин высокого качества объясняют, почему поиски жемчуга являются столь азартным и ненадежным занятием. Методы, применяемые в наши дни для сбора раковин со дна моря, остались в основном такими же, какими они были две тысячи лет назад, и все, чем располагают теперь ныряльщики,— это зажимы для носа, напальчники для защиты пальцев рук, очки, тросы для подъема на поверхность и камни весом около 18 кг, позволяющие им быстрее погружаться. Но и при всем этом ныряльщики могут работать на глубинах до 9 м и оставаться под водой до полутора минут, хотя обычно это время не превышает одной минуты. Однако в Австралии применяется современное водолазное снаряжение. Попыток определить заранее, содержит ли раковина жемчужину, не предпринимается, и поскольку лишь немногие раковины несут жемчуг, отходы при добыче раковин очень велики. Обычно моллюску дают умереть, с тем чтобы можно было легко раскрыть раковину, и поэтому в местах, где ведутся поиски жемчуга, возникает зловоние.

Процесс образования жемчужины сходен с процессом образования раковины. Она растет благодаря отложению слоя за слоем, выделяемых клетками эпителия. В настоящих драгоценных жемчужинах эти слои образованы перламутром; призматический слой раковины редко участвует в образовании жемчужины, за исключением раковин некоторых пресноводных моллюсков. Иногда восточные жемчужины имеют небольшое ядро, темная окраска которого обусловлена избытком органического вещества. Раньше полагали, что причиной, вызывающей рост жемчужин, является твердый материал, например песчинка или живой организм, такой, как червь-паразит, попадающий внутрь раковины, так что лишенное конечностей животное при отсутствии других способов защиты может обезвредить инородное тело, только «запечатав» его. Такова, без сомнения, первопричина, но непосредственной причиной является вызываемое инородным телом раздражение;

жемчужины могут вообще не содержать постороннего ядра. Иридизирующий блеск поверхности жемчужин и перламутрового слоя раковин своеобразен и очень характерен. Этот блеск является результатом двух оптических явлений: интерференции света, отраженного от последовательно перекрывающих друг друга тонких просвечивающих пластинок, слагающих поверхность жемчужины, и дифракции света, проходящего через дифракционную решетку, образованную тесно расположенными линиями — следами встречи пластинок с поверхностью жемчужины. Второй эффект менее постоянный, чем первый, потому что он изменяется в зависимости от изменений положения пластинок. Иногда пластинки, округлые в разрезе, перекрывают друг друга, уменьшаясь в размере по направлению к поверхности. Следы их пересечения с поверхностью в таком случае круговые, а не линейные. Жемчужины обычно иридизируют сильнее, чем перламутровый слой соответствующих раковин, потому что благодаря кривизне поверхности жемчужин линии, соответствующие краям пластинок, расположены теснее. Степень прозрачности поверхностных слоев варьирует, и описывая качество блеска, ювелиры говорят о «воде» жемчужин, как и в случае алмазов. Иногда внешний слой настолько обогащен конхиолином, что жемчужины имеют коричневый цвет. Такие жемчужины не блестят и поэтому не представляют ценности. Жемчужины с красивым блеском иногда описывают как «зрелые», в то время как о жемчуге низкого качества говорят, что он «незрелый».

Цвет жемчужин обусловлен степенью просвечиваемости внешней оболочки и характером подстилающего ее слоя. Карбонат кальция в форме кальцита или арагонита — бесцветный или белый, в то время как конхиолин в тонком срезе желтоватый; в толстых же слоях цвет его может доходить до бурого или почти черного. Некоторые слабые оттенки различного цвета связаны с наличием небольших количеств примесных веществ, присутствующих в абсорбированной воде. Поэтому цвет жемчуга обыкновенно белый или слегка желтоватый, реже встречаются красноватые, оранжево-розовые или темно-серые жемчужины. Белый жемчуг в тот момент, когда его извлекают из раковины, часто имеет отчетливый зеленоватый оттенок, но становится белым по мере высыхания и потери содержащейся в нем воды. Цвет так называемого голубого жемчуга, который в действительности является свинцово-серым, связан с наличием тонкой корочки, окружающей темное ядро, богатое конхиолином. Причина окраски черного жемчуга неясна, но, по-видимому, эта окраска связана с особенностями воды в отдельных районах, например в Мексиканском заливе, в заливе Ла-Пас и близ некоторых островов Тихого океана. В разных странах ценители жемчуга предпочитают жемчуг разной окраски; он должен соответствовать

цвету кожи того, кто его носит, а также яркости света в данном месте. Белый жемчуг лучше всего подходит к белой коже, а желтоватый или более темный лучше выглядит на фоне темной кожи.

В целом жемчужины, выросшие в разных водах, хотя и похожи друг на друга по цвету и внешнему виду, различаются, что позволяет экспертам уверенно определять их происхождение.

Так, жемчужины, встречающиеся в Персидском заливе, обладают нежным кремовым оттенком. Такую же, но более бледную окраску имеют жемчужины с Цейлона. Австралийские жемчужины — белые или серебристо-белые, жемчужины из Вест-Индии — ярко-розовые с волнистыми белыми линиями, панамские жемчужины — золотисто-коричневые, мексиканские — красновато-коричневые и черные, японские — белые, зачастую с зеленоватым оттенком. Так называемый индийский жемчуг, который добывается главным образом у побережья Цейлона и лишь продается в Мадрасе, имеет бледный розовый оттенок. При облучении ультрафиолетовыми лучами практически все жемчужины испускают небесно-голубой свет различной интенсивности.

Жемчуг содержит большое количество минерального вещества, но оно представлено многочисленными мелкими кристалликами, и поэтому жемчуг, не являясь единичным кристаллом, не подчиняется строгим законам взаимодействия атомов и может принимать почти любую форму — от правильной сферической до чрезвычайно причудливой. Форма жемчужины зависит от положения, которое она занимает внутри раковины. Если посторонняя частица проникает между мантией и раковиной, она обволакивается перламутром, который прирастает к раковине, и в результате возникает «пузырчатый жемчуг». Частицы могут проникать в раковину через щель между створками или в просверленные в створках отверстия. Это могут быть песчаные зерна, мелкие обломки раковин или живые существа, например черви-паразиты. Если внедрение посторонней частицы осуществлялось сквозь стенку раковины (при сверлении), может образоваться очень крупный пузырчатый жемчуг. Наиболее совершенные жемчужины образуются в тканях самого животного. Какая бы частица ни служила причиной раздражения мягких тканей моллюска, она вызывает образование вмятины на внешней поверхности мантии. Эта вмятина постепенно углубляется, края ее смыкаются, и она приобретает форму полой сферы, выстланной клетками эпителия. Клетки внешней поверхности мантии смыкаются, вмятина сглаживается, а полая сфера, или жемчужный мешок, как его называют, вдавливается в мягкие подстилающие ткани животного. Годовая скорость отложения перламутра после первого года остается почти

постоянной. Согласно данным Александера [1], который исходил из предположения, что видимые в шлифах кольца представляют собой годичные кольца роста, как у деревьев, скорость отложения перламутра в течение первого года составляет 2,30 мм/год, а затем резко уменьшается до 0,38 мм/год и после этого лишь незначительно варьирует от года к году. Если жемчужный мешок стеснен чем-либо или располагается слишком близко к краю мантии, а также если скрытая в нем частица имеет неправильную форму, получающаяся жемчужина также приобретает неправильные очертания.

Жемчуг из Персидского залива обычно называют восточным жемчугом. Для различения жемчужин разных типов введено много названий, из которых наиболее часто употребляются названия «круглый жемчуг», «барочный жемчуг», «пузырчатый жемчуг», «пуговица», «капля» и «семя». Круглый жемчуг имеет совершенную сферическую форму и ценится наиболее высоко. Жемчужины исключительно крупных размеров иногда называют «парагон», или «монстр». Барочный жемчуг имеет неправильную форму. «Пузырь», «наплыв» или «пенек» — термины, применяющиеся для обозначения вздутий перламутрового слоя раковины. Они часто содержат постороннее вещество — воду или ил, а наиболее крупные из них заключают иногда внутри круглую жемчужину. «Пуговица» имеет округлую вершину и плоское основание, «капля» характеризуется грушевидной формой. Такие жемчужины хороши в подвесках или серьгах и поэтому ценятся довольно высоко. «Семя» — мелкие круглые жемчужины весом менее ¼ грана. Термин «пылеватый жемчуг» используется для обозначения крошечных жемчужин, не находящих применения.

Из многих других жемчужин, получивших особые названия, можно упомянуть следующие: яйцевидные жемчужины, имеющие овальную или закругленную на концах форму; молоткообразные жемчужины, напоминающие по форме молоток; замочные жемчужины — узкие, заостренные с обеих концов жемчужины, которые получили название в связи с тем, что встречаются близ замочного края раковины. Жемчужины, происходящие из раковин других моллюсков, помимо жемчужных устриц и жемчужных уний, получают наименование по названию моллюска, в котором они образовались. Так conch происходит из раковин *Strombus gigas* или *Cassis cornuta*; abalone-pearls — из раковин семейства Haliotidae («морское ушко»); clam-pearls — из раковин вида *Venus mercenaria*, обитающего на Атлантическом побережье США, или из раковин вида *Tridacna gigas*, обитающего в тропических морях. Conch-pearl известен также как розовый жемчуг. Так называемый coque de perle представляет собой часть оборота раковины наутилуса.

[1] Science, 1941, vol. 93, p. 110—111.

Так как он очень тонок, то обычно укрепляется на цементе. По облику он напоминает пузырчатый жемчуг.

Очень редко две или более жемчужины срастаются. Самым примечательным примером такого явления служит жемчужина «Большой Южный Крест».

Крупные жемчужины продаются отдельно, а небольшие поступают на рынок просверленными и нанизанными на шелковые нити. Единицей веса жемчуга является жемчужный гран, равный ¼ карата. Основной метод определения стоимости жемчужины, которая пропорциональна квадрату ее веса, выраженного в гранах, объяснен в предыдущей главе. База, или единица цен, колеблется от 2,5 пенса до 5 фунтов стерлингов в зависимости от формы и качества жемчужин. Идеально круглый жемчуг ценится наиболее высоко; затем по стоимости следует каплевидный жемчуг, а за ним — «пуговицы». Вне зависимости от формы жемчуг должен обладать игрой света, без чего он не представляет ценности.

Жемчужины, используемые в подвесках и ожерельях, просверливаются стальным сверлом. Это достаточно легкая операция, так как жемчуг мягок. Просверленные жемчужины нанизываются на шелковые нити. Жемчужины для серег или используемые в качестве центрального камня в подвесках не просверливаются насквозь. Жемчуг хорошо гармонирует с алмазами, а небольшими жемчужинами с успехом обрамляют цветные камни. Жемчужины, украшающие кольца или вообще находящиеся в положении, в котором обнажается лишь верхняя их часть, обычно распиливаются надвое. Для этих целей весьма подходят жемчужины-«пуговицы», так как они изначально обладают соответствующей формой.

Химический состав жемчуга зависит от относительных количеств минерального вещества (карбоната кальция), органического вещества (конхиолина) и воды, из которых он состоит. Мы располагаем лишь ограниченными данными о химическом составе жемчуга. В среднем жемчужины содержат приблизительно 86% карбоната кальция, 12% конхиолина и 2% воды. Некоторые более редкие разновидности жемчуга, такие, как жемчужины из раковин *Pinna*, содержат до 23% воды; содержание карбоната кальция в них соответственно меньше.

Если круглую жемчужину разрезать по диаметру и исследовать разрез при сильном увеличении под микроскопом, можно увидеть, что она состоит из серии более или менее непрерывных концентрических слоев, которые, однако, различаются по характеру в зависимости от природы отлагавших их клеток. Таким образом, жемчужина в разрезе напоминает луковицу.

Если срез поместить на рефрактометр и исследовать поведение тени, то обычно легко наблюдается тень, соответствующая наи-

большему показателю преломления. Мелкие кристаллы карбоната кальция, слагающие жемчужину, располагаются по нормали к концентрическим слоям и расходятся по радиусам от центра жемчужины. Изучение плотности показало, что карбонат кальция кристаллизуется обычно в форме арагонита. Хотя его кристаллы относятся к ромбической сингонии и являются оптически двуосными, они весьма близки к гексагональным одноосным кристаллам, а показатели преломления арагонита равны 1,530, 1,682 и 1,686. Наибольший из них отвечает приблизительно показателю преломления обыкновенного луча в одноосном кристалле. Поэтому тень, соответствующая этому показателю, всегда будет видна, какое бы положение ни занимал призматический кристалл на рефрактометре, а другая тень может занимать любое положение между ней и тенью, соответствующей наименьшему показателю преломления. В результате в рефрактометре наблюдается затемнение с плохо выраженным нижним пределом. Аналогичный эффект возникает и тогда, когда кристаллы представлены кальцитом, поскольку показатель преломления обыкновенного луча в последнем, равный 1,658, также является наибольшим. Однако в этом случае тень соответствует явно более низкой величине показателя преломления.

Так как жемчужины представляют собой сложные агрегаты переменного состава, их плотность сильно варьирует. Нормальная величина плотности жемчужин из Персидского залива равна 2,715, и 98% значений их плотности лежит в пределах от 2,68 до 2,74. Для австралийских жемчужин нормальная величина плотности равна 2,74, а соответствующий разброс значений — от 2,68 до 2,78. Жемчужины из Венесуэлы, которые примечательны своей высокой относительной прозрачностью, что особенно хорошо заметно при исследовании с помощью эндоскопа, имеют несколько меньшую среднюю величину плотности, а именно 2,70, а разброс значений — от 2,65 до 2,75. Японские природные жемчужины характеризуются значительным колебанием значений плотности. Средняя ее величина находится в пределах от 2,70 до 2,74, а разброс значений — от менее чем 2,66 до 2,76. Пресноводные жемчужины из рек Северной Америки обнаруживают еще более широкий разброс значений плотности — от менее чем 2,66 до более чем 2,78, а также заметно более низкое среднее значение — 2,66—2,70. Графики распределения плотностей природных жемчужин из перечисленных местонахождений и искусственно выращенных жемчужин приведены на рис. 138.

Плотность арагонита равна 2,94, а плотность кальцита — 2,71. Последняя из приведенных величин близка к средней величине плотности жемчуга, и поэтому, если в жемчуге присутствует ощутимое количество конхиолина (плотность 1,34) и воды (плотность 1,0), то большая часть карбоната кальция должна быть пред-

ставлена арагонитом. Жемчужины, имеющие состав, близко соответствующий средним значениям, указанным выше, могут полностью состоять из арагонита, и дебаеграммы подтверждают это. Однако состав некоторых жемчужин, содержащих лишь несколько процентов конхиолина и воды, таков, что позволяет предполагать наличие в них и кальцита, если плотность их укладывается в обычные пределы. Новые данные по корреляции состава жемчужин и их плотности оказались бы весьма ценными.

Плотность черных жемчужин ниже, чем плотность обычного природного жемчуга, и варьирует от 2,61 до 2,69. Розовый жемчуг имеет плотность около 2,85, что указывает на большее содержание в его составе арагонита.

Твердость жемчуга почти такая же, как и твердость арагонита, а именно 3½—4 по шкале Мооса. Из-за своей мягкости жемчужины требуют осторожного обращения. Более того, жемчуг подвержен воздействию кислот и даже естественных выделений человеческой кожи. Не следует мыть руки, не сняв предварительно кольцо с жемчужиной, так как жемчуг может загрязниться, и в этом случае почти невозможно восстановить его первоначальный вид. Следует отметить, что кислоты растворяют карбонат кальция, но не конхиолин. Часто повторяемый рассказ, который Плиний изложил с таким пылом, о том, что Клеопатра, принимая Антония, выпила уксус, в котором были растворены две крупные жемчужины, не может соответствовать истине, так как уксус является слишком слабой кислотой и карбонат кальция, предохраняемый конхиолином, не может быстро раствориться в нем. Возможно, Клеопатра проглотила жемчужины целиком, как пилюли, полагая, что они должны были раствориться.

Жемчужины в отличие от камней не подвергают огранке, и поэтому, когда они утрачивают свое драгоценное сияние, восстановить его невозможно. В случае очень ценных жемчужин предпринимались попытки удалить потускневшую оболочку и обнажить лежащий ниже ирридирующий слой, но эта операция является очень тонкой и не всегда приносит успех. Даже при самом бережном обращении жемчужины с течением времени должны испортиться из-за разложения конхиолина, и сомнительно, чтобы жемчужины могли сохранить свой привлекательный внешний вид более чем полтора столетия. Жемчужины, имеющие возраст около 200 лет, становятся черными и напоминают вороненую сталь, так что распознать их почти невозможно. Предпринимались попытки восстановить их первоначальный вид путем облучения ультрафиолетовыми лучами, а также путем обработки отбеливающими растворами, растворителями и т. д., но эти попытки не увенчались успехом, что и следовало ожидать, так как причиной является разложение конхиолина. Жемчужины, обнаруженные в древних захоронениях, рассыпáлись в пыль при прикосновении

к ним, а те, которые украшали некогда старинные кольца, исчезли или превратились в коричневый порошок, в то время как гранаты или другие камни почти не изменились на протяжении столетий. О жемчужинах, в которых конхиолин начал разлагаться и которые поэтому утратили блеск, говорят, что они «больны». Ухудшение качества жемчужин может быть до некоторой степени приостановлено и их полупрозрачность восстановлена погружением жемчужин в раствор винилацетата или в масло, которые заполняют зарождающиеся трещинки, вызывающие ухудшение блеска. Пытались восстановить вид жемчужин и химическими методами, но безуспешно, так как эти методы плохо влияли на конхиолин.

Наиболее крупная из известных современных жемчужин одно время находилась в знаменитой коллекции Хоупа. Она имеет почти цилиндрическую форму с небольшим вздутием на одном конце и следующие размеры: 51 мм в длину, 114 мм в окружности у толстого конца и 83 мм в окружности у тонкого конца; вес около 3 унций, или 1800 жемчужных гран (450 каратов). Около $^3/_4$ всего объема жемчужины имеет белый цвет с прекрасной игрой, а остальная часть характеризуется бронзовым оттенком. Жемчужина «Большой Южный Крест» состоит из девяти сросшихся в виде креста крупных жемчужин, хотя полагают, что первоначально она состояла лишь из восьми жемчужин, а девятая была добавлена для симметрии. Она была обнаружена в жемчужной устрице, выловленной в 1886 г. у побережья Западной Австралии. Одной из наиболее красивых из известных жемчужин была «Пеллегрина». Она имела совершенную сферическую форму и белый цвет. Говорили, что вес ее составлял 111½ жемчужного грана. В начале прошлого столетия она принадлежала монашескому братству Святого Зосимы в Москве. «Регент» — название крупной яйцевидной жемчужины весом 337 гран, принадлежавшей ранее французскому королевскому дому. Красивый набор жемчужин украшал императорские регалии венских властителей, а коллекция драгоценностей в знаменитом музее «Зеленый свод» содержит много жемчужин причудливой формы. Великолепными жемчужинами владел персидский шах.

б. Выращивание жемчужин

Еще в XIII в. китайцы обнаружили, что инородные тела, помещенные внутрь раковины пресноводных уний, покрываются слоем перламутра. Особой лопаточкой они слегка приоткрывали створки раковины и с помощью бамбуковой палочки помещали избранный предмет между мантией и раковиной моллюска. Затем раковину возвращали обратно в водоем, где она жила несколько месяцев или даже два или три года. По прошествии этого времени

предмет обрастал перламутром и прирастал к раковине. Посторонним предметом могли быть глиняные шарики, кусочки кости, дерева или меди. Очень часто внутрь раковин помещали крошечные изображения Будды, отлитые из свинца или олова. Это искусство процветало в Китае на протяжении семи столетий. Приблизительно в середине XVIII в. этот способ независимо предложил великий шведский натуралист Линней, и некоторые выращенные им жемчужины хранятся в коллекции лондонского Общества Линнея. Линней не совершенствовал сам свой способ, но раскрыл его секрет в 1762 г. Его метод заключался, по-видимому, в том, что в створке раковины сверлилось отверстие, в которое на конце серебряной проволочки вводился известняковый шарик. Проволочка позволяла время от времени передвигать шарик, с тем чтобы он не прирастал к раковине. Этот способ не получил распространения и вскоре был забыт.

В конце прошлого века японцы переняли у китайцев столь долго существовавшее искусство выращивания жемчуга и приблизительно в 1890 г. создали целую отрасль промышленности. Японский метод заключался в том, что к перламутровому слою раковины прикрепляли шарик, изготовленный также из перламутра, после чего моллюск возвращали в море. Таким образом получали образования, напоминающие пузырчатый жемчуг. Скорость отложения перламутра весьма различна, но, по-видимому, заметно больше, чем в случае, когда моллюск не потревожен. Шарики покрывались перламутром только с одной стороны, и при удалении из раковины их необходимо было прикреплять к кусочку перламутра, чтобы придать жемчужине обычную симметричную форму. Поэтому «японские» жемчужины, как их с той поры называли, легко распознать, исследовав их обратную сторону (фото 21).

Многочисленные опыты, которые проводились с 1914 г. главным образом Микимото, позволили существенно усовершенствовать метод; получаемый продукт ныне известен как «выращенный жемчуг» (cultured pearls). Метод заключается в следующем: у одной из устриц из мантии вырезают полоску живой ткани. В кусочек этой ткани заворачивают зернышко перламутра и помещают его через разрез в мантию другой устрицы. Операция проходит успешнее, если сначала вводят кусочек одной лишь пересаживаемой ткани, а затем, в тот же канал, завернутое в ткань мантии перламутровое зерно. Устрицу затем возвращают в море, где пересаженная ткань ведет себя таким же образом, как и собственные клетки эпителия животного, выделяя перламутр, который постепенно обволакивает инородное зерно.

Этот процесс стал основой развитой отрасли промышленности (фото 23). Собирают икру местных жемчужных устриц *Pinctada martensi* и молодых устриц помещают в металлические клетки с

мелкими ячейками, чтобы предохранить моллюсков от нападений морских звезд, осьминогов и других врагов, обитающих в море. Периодически клетки чистят, проверяют, не заболели ли их обитатели, и спустя два года устриц пересаживают в большие клетки. Работу выполняют девушки-ныряльщицы (фото 23). Через три года, когда устрицы достигают зрелости, производится операция, описанная выше. Устрицы, содержащие введенные зерна перламутра, помещают в клетки и возвращают в море, где они остаются следующие семь лет. Их время от времени осматривают, для того чтобы убедиться, что они здоровы. В течение этого периода на введенных инородных зернах отлагается слой перламутра толщиной в среднем 0,625 мм. При весьма благоприятных условиях четверть оперированных устриц может дать жемчужины. Часто это соотношение уменьшается до $^1/_{20}$ части. Из выращенных таким образом жемчужин лишь небольшая часть является высококачественной. Недавно введенное усовершенствование метода предусматривает обработку мантии моллюска и вводимого ядра раствором антибиотика, например ауреомицина. Полагают, что подавление деятельности бактерий, обеспечиваемое таким образом, ускоряет рост жемчужин и улучшает их качество.

Клетки с жемчужными устрицами подвешивают к плавающим буям, которые соединяются друг с другом и образуют большие плоты, удерживающие до 80 000 клеток (фото 23). С помощью моторных лодок перемещают плоты с места на место в пределах залива, чтобы обеспечить устриц пищей. Каждый год оперируют несколько миллионов устриц, поэтому отходы производства бывают весьма значительными.

Перламутр выбирают в качестве материала для ядра потому, что из него легко изготовить шарики, и потому, что получающуюся в конце концов жемчужину легко просверлить. Шарики тщательно подбираются по размерам — они не должны быть больше некоторой предельной величины, которую может усвоить данная устрица. Если шарик превышает некоторый определенный максимальный размер, он может убить устрицу. Поскольку местные виды устриц сравнительно невелики, размер шариков колеблется обычно от $^1/_2$ грана до 4 гран, редко достигая 6 гран и еще реже — 12 гран. Однако, если используется крупный вид *Pinctada margaritifera*, можно получить выращенные жемчужины весом до 60 гран.

Искусственно выращенные жемчужины впервые появились на лондонском рынке в начале 1921 г. Тогда полагали, что они происходят из нового района добычи жемчуга. Как только в этих жемчужинах обнаружили перламутровые ядра и установили их истинную природу, торговцев жемчугом охватил ужас. Однако вскоре выяснилось, что эти выращенные жемчужины при облучении ультрафиолетовым светом флюоресцируют зеленоватым

цветом, что позволяет легко отличить их от природных жемчужин, флюоресцирующих небесно-голубым цветом. Позднейшие исследования показали, что это различие в флюоресценции обусловлено разным типом вод, в которых жили соответствующие жемчужные устрицы, и не зависит от характера выделения перламутра, так что это испытание не вполне надежно для выявления выращенных жемчужин. К счастью, незадолго до этого был предложен другой метод, который мы опишем ниже, и ныне опытный исследователь может безошибочно определить, не образовалась ли данная жемчужина при вмешательстве человека. В результате цены на выращенный жемчуг быстро упали до половины стоимости природного жемчуга, а впоследствии сократились до одной пятой или даже менее. Вопрос о том, как долго может существовать такое значительное неравенство в стоимости природного и выращенного жемчуга, до сих пор является спорным. Как и для других предметов роскоши, цена на жемчуг определяется исключительно тем, сколько готов заплатить покупатель, и знатоки настаивают на том, чтобы природный жемчуг ценился намного выше, чем выращенный. Такая точка зрения представляется абсурдной, потому что перламутровая оболочка обоих этих видов жемчуга одинакова, по крайней мере настолько, насколько это способен уловить человеческий глаз. Тем не менее факт остается фактом — знатоки предпочитают природный жемчуг. Кроме того, остается открытым и вопрос о том, можно ли выращенный жемчуг с его относительно тонкой перламутровой оболочкой сравнивать с лучшими природными жемчужинами. Опыт показывает, что перламутровая оболочка, отложившаяся вокруг перламутрового ядра, может истираться, если она слишком тонка и если выращенная жемчужина подвергается истиранию при носке. Кроме того, вследствие усадки ядра оно может отделиться от оболочки и свободно болтаться внутри ее, как в погремушке. Однако выращенные жемчужины высокого качества лишены этих недостатков.

Во время второй мировой войны выращивание жемчуга в Японии почти прекратилось из-за недостатка рабочей силы и трудностей, связанных с приобретением материалов и оборудования. Кроме того, нехватка продовольствия привела к тому, что устриц стали использовать в пищу. После войны возрождение этого промысла шло медленно, однако к 1952 г. стоимость ежегодно экспортируемого из Японии выращенного жемчуга достигла приблизительно 1 750 000 фунтов стерлингов.

Процесс выращивания жемчужин без ядра был разработан японцами на озере Бива на острове Хонсю, где были использованы пресноводные моллюски *Hyriopsis schlegeli*. Образование таких «безъядерных» жемчужин стимулируется тем, что в мантии одного моллюска делается десять — двадцать надрезов, в которые вводят кусочки мантийной ткани другого моллюска. Жемчужины

растут быстро, выход продукции высок, и если моллюска вернуть в водоем, то можно получить второй «урожай».

С 1956 г. выращивание жемчуга развивалось и в Австралии. Работы начались в бухте Кури в заливе Брекнок, на северо-западном побережье Австралии, приблизительно в 380 км к северо-востоку от Брума. Сначала выращивали пузырчатый жемчуг, но в 1958 г. на рынок стали поступать целые выращенные жемчужины. Этот промысел развился также в Квинсленде, на острове Фрайдей и в других местах в Торресовом проливе, на группах островов, расположенных в 32 км от мыса Йорк. Здесь выращиваются безъядерные жемчужины, и отсюда поступают восторженные сообщения о том, что за короткое время удается получить крупные выращенные жемчужины отличного качества.

в. Распознавание выращенных жемчужин

Для того чтобы с уверенностью установить, является ли данная жемчужина выращенной или природной, необходимо определить, является ли ядро, если оно присутствует, перламутровым шариком. Это можно сделать путем оптических исследований и с использованием рентгеновских лучей.

Исследование проводится при помощи микроскопа или линзы. Жемчужина освещается сильным источником света, причем сама жемчужина помещается на диафрагму с отверстием несколько меньшего диаметра, чем диаметр самой жемчужины, чтобы прямой свет не мешал наблюдению. Вращая жемчужину, можно удостовериться в наличии относительно крупного перламутрового ядра. Свет легче проходит вдоль слоев ядра и вызывает сияние на поверхности жемчужины; можно видеть даже слоистое сложение перламутра ядра. Природный же жемчуг благодаря высокой отражательной способности его сферических оболочек кажется при таком исследовании более или менее однородно темным.

Для такого исследования создан специальный микроскоп. Изучаемая жемчужина помещается в отверстие, проделанное в металлической пластинке и имеющее диаметр меньший, чем диаметр жемчужины. Предусмотрены способы, позволяющие освещать эту жемчужину снизу или сверху. В результате можно изучать поверхность жемчужины, а также ее внутреннее строение. Для исследования отверстия просверленных жемчужин используется дополнительное приспособление. Его верхняя часть представляет собой коническую деталь, вершина которой имеет форму небольшого блюдца с маленьким отверстием в центре. Исследуемая жемчужина помещается на «блюдце» таким образом, чтобы просверленный канал располагался вертикально; вся деталь может вращаться вокруг вертикальной оси, причем шкала имеет цену

деления 5°. Под столиком, несущим коническую деталь, укреплен микрометренный винт, позволяющий снимать отсчет перемещения шпинделя с точностью до 0,01 мм. Шпиндель, тонкий, как проволочка, проходит сквозь отверстие в жемчужине. Лучшие образцы шпинделя изготовляют из нержавеющей стали, причем верхний его конец представляет собой отшлифованное зеркало, наклоненное под углом 45° к оси. Шпиндель жестко соединен с микрометренным винтом и может перемещаться вверх и вниз в отверстии

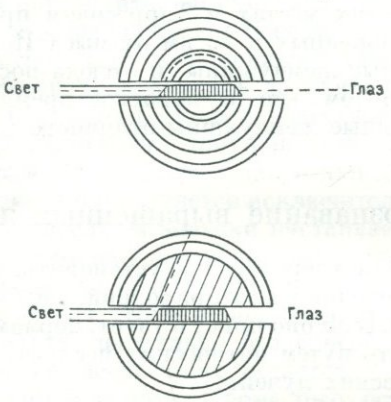


Рис. 136. Игла эндоскопа: вверху — в природной жемчужине, внизу — в искусственно выращенной жемчужине.

жемчужины при его вращении. Жемчужина освещается сбоку, и с помощью микроскопа таким образом можно исследовать цилиндрическую поверхность стенки отверстия. Шкала микрометренного винта позволяет измерить толщину ядра или любого слоя жемчужины, а также выяснить положение любой замеченной горизонтальной отметки. С помощью шкалы, связанной с деталью, несущей жемчужину, можно установить ориентировку любого замеченного пятна.

Эндоскоп — инструмент, созданный специально для оптического исследования просверленных жемчужин. В отверстие жемчужины пропускается полая игла соответствующего диаметра. Линза — конденсатор направляет лучи света от сильного источника в небольшую трубку, в которой укрепляется жемчужина, нанизанная на иглу. Игла во время работы остается неподвижной, а жемчужина может передвигаться вдоль нее.

Лучи света, падающие на ближнее зеркало, укрепленное внутри иглы, отражаются от него и падают под прямым углом на стенку отверстия жемчужины (рис. 136). Поскольку природная жемчужина состоит из серии тонких концентрических слоев, свет, упавший на стенку отверстия, стремится следовать вдоль этих

слоев и возвратиться снова к стенке отверстия, и, если второе, дальнее зеркало расположено таким образом, что центр сферических слоев жемчужины находится посредине между двумя зеркалами, свет отразится от второго зеркала и попадет в микроскоп и в глаз исследователя. На практике жемчужину двигают вдоль иглы и наблюдают, не появится ли вспышка света в микроскопе. Если же жемчужина выращена и имеет перламутровое ядро, то слои в последнем плоские и не искривлены, так что свет не возвращается к стенке отверстия. В этом случае вместо вспышки света в микроскопе наблюдается тусклый серый свет, который

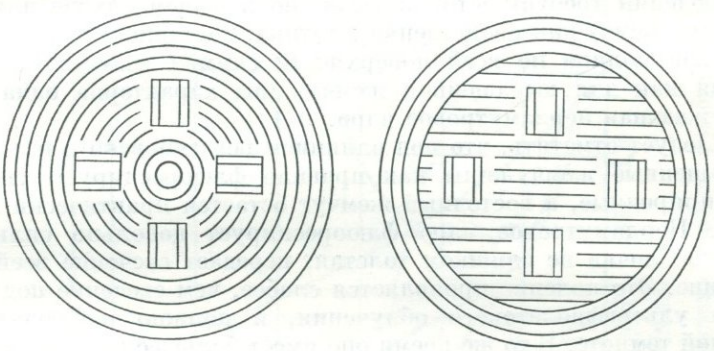


Рис. 137. Схема расположения кристаллов арагонита: слева — в природной жемчужине, справа — в искусственно выращенной жемчужине.

не изменяется при движении жемчужины вдоль иглы. Этот метод прост и быстр; опытный исследователь может проверить до 200 жемчужин за час. Однако в настоящее время оптические методы вытеснены описываемыми ниже рентгеновскими методами исследования жемчужин.

Принцип, на котором основано применение рентгеноструктурного метода, заключается в том, что природные жемчужины состоят из приближенно сферических концентрических слоев, в то время как перламутровое ядро выращенных жемчужин сложено приблизительно плоскопараллельными слоями. Псевдогексагональные оси мелких кристаллов карбоната кальция (арагонита) располагаются под прямым углом к поверхности слоев (рис. 137). Поэтому в случае природной жемчужины множество отдельных кристаллов ориентировано по радиусам, и если такую жемчужину облучить тонким рентгеновским лучом, то он пересечет множество кристаллов в направлении их псевдогексагональных осей (рис. 137); полученный рентгеновский снимок будет соответствовать гексагональной симметрии. Если жемчужина выращена, подобная фотография получится лишь в том случае, когда луч будет направлен перпендикулярно слоям перламутрового ядра, а при облу-

чении перпендикулярно этому направлению фотография будет иметь двойную симметрию. Рентгеновские снимки показаны на фото 21. Если при экспозиции жемчужину вращать, то бывает достаточно одного снимка. Этот метод совершенно не зависит от наличия или отсутствия отверстия в жемчужине. При исследовании ожерелий не обязательно снимать жемчужины с нитки.

В последние годы рентгеноструктурный метод определения жемчужин применяется наиболее широко. Конхиолин слабо поглощает рентгеновское излучение, так что лучи свободно проходят сквозь него и вызывают потемнение негатива. Интерпретация наблюдений требует осторожности, но в общем случае для природных жемчужин свойственна картина, состоящая из колец или дуг конхиолина по всей поверхности снимка жемчужины, в то время как для выращенной жемчужины характерна одна зона, окружающая перламутровое ядро.

Следует отметить, что под влиянием рентгеновского излучения выращенные жемчужины как правило флюоресцируют сильнее, чем природные, а восточный жемчуг остается практически инертным. Перламутровое ядро флюоресцирует довольно сильно, и если оболочка не слишком толстая, передает свечение всей жемчужине. Это явление проявляется слабее, чем свечение под влиянием ультрафиолетового облучения, и должно наблюдаться в полной темноте. В то же время оно имеет большее диагностическое значение.

Выращенные жемчужины характеризуются относительно высокой плотностью и сравнительно небольшим диапазоном ее колебаний (рис. 138), поскольку они содержат большое ядро, окруженное тонкой оболочкой. Перламутр ядра имеет плотность от 2,80 до 2,85 при средней величине 2,82. Отметим, что плотность австралийского перламутра значительно ниже — 2,74. Плотность внешней оболочки выращенных жемчужин колеблется от 2,63 до 2,70; она меньше плотности ядра. Освобожденная от внутреннего органического вещества оболочка имеет плотность более 2,70. Так как на долю ядра приходится по крайней мере 60% веса жемчужины, а плотность ядра высокая, то высокой является также плотность всей жемчужины в целом. Обычно она равна примерно 2,75 при колебаниях от 2,72 до 2,78. Очень редко можно встретить жемчужины с плотностью менее 2,72, что связано с аномальной толщиной оболочки. Тот факт, что плотность выращенных жемчужин превышает плотность природных жемчужин, может быть использован для их диагностики. Таким образом, если в жидкость с плотностью 2,74 [1] опустить серию жемчужин и путем

[1] Такая жидкость может быть приготовлена путем смешения соответствующих количеств бромоформа (плотность 2,9) и монобромнафталина (плотность 1,5). Для определения плотности жидкости необходим специальный ареометр.

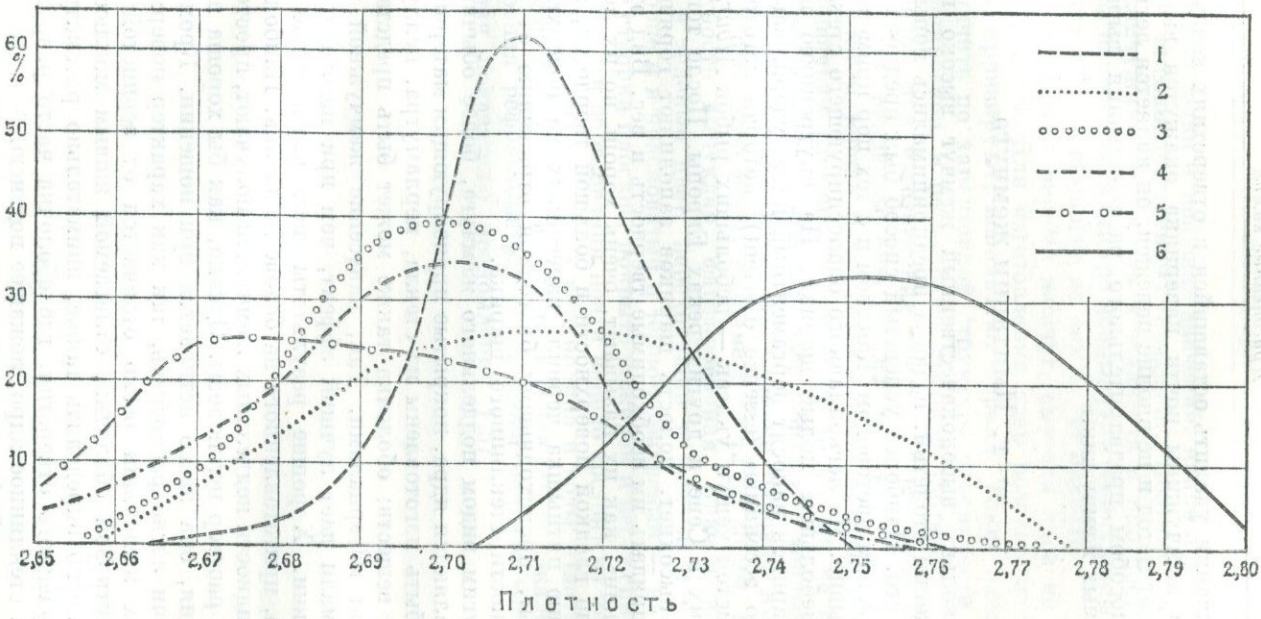


Рис. 138. Плотность природных жемчужин из различных районов и плотность искусственно выращенных жемчужин.

1— Персидский залив; *2* — Австралия; *3* — Венесуэла; *4* — Япония (природный жемчуг); *5* — пресноводный жемчуг; *6* — искусственно выращенный жемчуг.

помешивания удалить оставшийся в отверстиях воздух, то потонувшие жемчужины почти наверняка окажутся выращенными. Хотя этот метод и не вполне надежен, он является легким и быстрым способом предварительного распознавания выращенных и природных жемчужин.

г. Имитации жемчуга

Поскольку высококачественный жемчуг высоко ценился на протяжении столетий, издавна предпринимались попытки имитировать его. Наиболее успешный способ был предложен в 1656 г. французским цветоводом Жакином и с тех пор применяется почти непрерывно. Из легкоплавкого опалесцирующего стекла изготовляют небольшие полые шарики. На внутреннюю поверхность этих шариков наносят пергаментный клей, удерживающий «жемчужную эссенцию» (essence d'orient), которая изготовляется из серебристой чешуи уклеек — небольших рыбок *Alburnus lucidus*, живущих в Сене и других реках Европы. После того как этот состав высохнет, полость шариков заполняют горячим воском, чтобы придать им необходимые твердость и вес. Вид этих «полых жемчужин», как их называют, очень хорош, но их легко распознать по гладкой поверхности и большой твердости, а также по удвоению пятнышка чернил, нанесенных на поверхность «жемчужины», происходящему благодаря отражению от внутренней поверхности стеклянного шарика.

Другим видом поддельного жемчуга, более обычным в наши дни, являются ядра, покрытые ирризирующим материалом. Ядра могут быть изготовлены из стекла, перламутра, целлулоида или других веществ; оболочка также может быть представлена различными материалами. Так, нанесение жемчужной эссенции в виде эмали дает лучший эффект, чем при изготовлении полых жемчужин. Хорошие результаты дает ритмическое отложение состава, приготовленного на основе желатина. Наиболее дешевые разновидности поддельных жемчужин получают, просто погружая ядра в раствор целлюлозы. Однако, как бы хороша ни была эта имитация, она легко истирается при ношении. Кроме того, все имитации легко распознать, так как характер поверхности поддельных жемчужин резко отличается от зернистой структуры перламутровой оболочки, отлагаемой живым моллюском. Имитации легко определить также, внимательно рассматривая края просверленного отверстия, где оболочка часто разрушается, открывая стеклянное ядро, лежащее под нею.

Согласно Вебстеру, плотность полых жемчужин исключительно низка — 1,55 или даже меньше, но плотность жемчужин с твердым ядром значительно выше и колеблется обычно от 2,85

до 3,18, хотя нередки и меньшие значения, например 2,33 и 2,53 у наиболее высококачественных подделок. Поэтому, если поддельные жемчужины погрузить в жидкость с плотностью 2,74, жемчужины первого типа быстро всплывут, а жемчужины второго типа потонут и лишь немногие из них будут плавать.

Иногда имитируют черный жемчуг, вырезая ядра из черного минерала гематита. Для изготовления ядер розовых жемчужин, которые не ирризируют, используют коралл. Такие жемчужины можно отличить по характерной структуре поверхности, наблюдаемой в микроскоп, и по их более высокой плотности.

Материалом для изготовления брошей, серег или браслетов могут служить раковины брюхоногих моллюсков вида *Turbo petholatus*; этот материал называют «раковиной» (shell) или «китайским кошачьим глазом», несмотря на то что он не обладает переливчатостью. Указанный моллюск обитает в теплых морях к северу от побережья Австралии. Створки раковин имеют округлую или овальную форму и диаметр от 12 до 25 мм. Верхняя их поверхность выпуклая, фарфоровидная, причем верхушка окрашена в зеленый цвет, переходящий в желтый и белый на одной стороне и в красноватый и темно-коричневый — на другой. Основание створки плоское, покрыто кожицей и несет спиральные линии роста. Эти образования почти нацело состоят из карбоната кальция и содержат менее 1% конхиолина и воды. Плотность их колеблется от 2,70 до 2,76, а твердость равна $3^1/_2$ по шкале Мооса. В поле зрения рефрактометра наблюдается неясная тень, соответствующая показателю преломления 1,57.

40

Слоновая кость, кораллы, гагат и панцирь черепахи

а. Слоновая кость

С незапамятных времен слоновая кость высоко ценилась благодаря ее приятному кремовому цвету и плотности, легкости в обработке простыми металлическими инструментами и ее относительной долговечности; правда, со временем она желтеет, и особенно в условиях сырости. Она ценится и поныне, хотя для многих бытовых целей, таких, как ручки ножей и фортепианная клавиатура, давно уже используют более дешевый целлулоид, прототип пластмасс, обладающий способностью лучше сохранять окраску, хотя цвет его менее приятен. Слоновой костью называются бивни слонов, мамонтов (ископаемая слоновая кость) и моржей, кости кашалотов и нарвалов, реже зубы кабанов, таких, как бородавочник, и растительные материалы, которые внешне похожи на слоновую кость. Следует отметить, что в ископаемой слоновой кости не развивается окремнение, которое обычно характерно для окаменелостей; по внешнему виду и структуре она мало отличается от обычной слоновой кости. Собственно термин «слоновая кость», следует относить только к бивням современного слона; бивни мамонта следует называть мамонтовой костью, бивни моржей — моржовой костью и т. д.

Дентин слоновой кости, как современной, так и ископаемой, пронизан множеством тончайших трубок, которые тянутся от основания к верхушке в продольном направлении в виде плавных спиралей, завернутых против часовой стрелки. Поперечные разрезы кости обычно, хотя и не всегда, обнаруживают рисунок пересекающихся дуг, которые редко бывают совершенно правильными. Такой рисунок характерен только для слоновой кости, и если он присутствует, ее идентификация не вызывает затруднений.

Из-за недостаточной прозрачности материала трудно установить его показатель преломления. Измерения с помощью рефрактометра показали, что показатель преломления колеблется от 1,520 до 1,550 при среднем значении 1,535. Определение плотности не вызывает затруднений, и Роберт Вебстер, изучив пятнадцать образцов, получил значения в пределах от 1,70 до 1,85, в среднем 1,79. Твердость варьирует от 2,5 до 2,75 по шкале Мооса. Однако резчики по опыту обработки выделили два типа слоновой кости:

твердую, или светлую кость, с трудом поддающуюся резьбе, и мягкую кость, которая легче в работе и в то же время более упруга и более устойчива к изменениям температуры. Такие свойства почти полностью сохраняются и у ископаемой слоновой кости.

Как и зубы, слоновая кость обычно флюоресцирует фиолетово-синим цветом в ультрафиолетовых лучах; свечение ископаемой слоновой кости отличается несколько более светлой окраской. Слоновая кость в отличие от пластмасс не царапается ножом, но строгается.

В тонких шлифах слоновой кости при изучении под микроскопом обнаруживается волнистый рисунок из мельчайших трубок, пересекающих дентин по спирали от основания к тонкому краю, наряду с сериями параллельных полос, секущих волнистость в более толстых продольных срезах. В разрезах, включающих внешнюю оболочку, или так называемую кору бивня, видны различия в строении оболочки и основной массы. Волнистость в коре распространяется от поверхности, разграничивающей структуры, и является более грубой, более крупной и неправильной, чем в основной массе. Кора содержит также множество зерноподобных точек, которые похожи на костные впадины.

Показатель преломления кости гиппопотамов 1,545, плотность ее колеблется от 1,80 до 1,95, твердость также незначительно варьирует в пределах от 2½ до $2^3/_4$ по шкале Мооса. Значения показателей преломления и плотности немного выше, чем у слоновой кости. Гиппопотамовая кость замечательна способностью сохранять толстую кору или коровую эмаль. Под действием ультрафиолетовых лучей она флюоресцирует светлым фиолетово-синим цветом; строгается ножом. Под микроскопом видна волнистость, подобная рисунку в слоновых бивнях, но с заметно более коротким расстоянием от гребня до гребня волны.

Для разреза моржового бивня также характерно присутствие коры вторичного дентина с заметно более грубой текстурой. Эта специфическая особенность позволяет без труда определять моржовую кость. Показатель преломления колеблется от 1,55 до 1,57, плотность — от 1,90 до 2,00, а твердость — от 2½ до $2^3/_4$ по шкале Мооса. При ультрафиолетовом облучении моржовая кость флюоресцирует светлым фиолетово-синим цветом; строгается ножом. В шлифе под микроскопом обычно видна волнистость, но по сравнению с предыдущими видами она кажется более плоской, амплитуда волн меньше, а трубки шире и обнаруживают большую ветвистость.

Кости кашалота, нарвала и бородавочника очень похожи на моржовую по характеристикам, за исключением твердости, равной соответственно $2^3/_4$, 2½ и $2^3/_4$ по шкале Мооса; цвета флюоресценции также сходны, только у кости бородавочника они еще ярче. В шлифах кости кашалота под микроскопом видна тонкая

полосчатая текстура с едва различимой ундуляцией линий; в шлифах зубов всех этих животных выявляются характерные центры вторичного дентина. В кости нарвала ундулирующие трубки имеют большую ветвистость, чем в кости других животных, в то время как для кости бородавочника типична слабая ундуляция с волнами короткой длины.

Первобытные люди носили в виде ожерелий не только клыки, но и обычные зубы многих животных — слонов, акул, кашалотов. Молочные зубы слонов, нарезанные на тонкие пластинки, использовались для декоративных целей, ими украшали рукоятки ножей и вообще использовали для инкрустаций. Эти зубы обнаруживают характерную структуру: вертикальные почти косоугольные складки дентина у африканских слонов и удлиненные овальные у индийских ограничены эмалью, отличающейся более белым цветом по сравнению с желтоватой массой цемента, который заполняет интерстиции между складками. Со временем в зубах могут появляться трещины, а составные части могут даже отделиться.

«Растительная слоновая кость» представляет собой семена южноамериканской костяной пальмы *Phytelephas macrocarpa*, которые состоят из белка и обладают, таким образом, чистым белым цветом. Она отличается своей совершенной однородностью, хотя в действительности содержит множество мелких дырочек. Показатель преломления ее почти одинаков с показателем преломления канадского бальзама — 1,538, поэтому в шлифе граница ее почти неразличима. Плотность колеблется от 1,40 до 1,43, что заметно ниже плотности костей животных, а твердость по шкале Мооса 2,5. Она флюоресцирует обычным для кости фиолетово-голубым цветом, хотя более светлого оттенка, и также строгается ножом. «Растительная слоновая кость», по-видимому, впервые стала известна в Европе около 1816 г. и длительное время использовалась как в Европе, так и в Америке в качестве материала для изготовления кнопок, катушек, наперстков, пуговиц, игрушек и т. д.

Дум-пальма отличается от костяной пальмы тем, что дает «кость» твердую на начальной стадии, но менее устойчивую, которая в отличие от «растительной слоновой кости» может со временем разлагаться. Показатель преломления и твердость обоих материалов близки, хотя второй из них немного мягче; плотность его также несколько ниже — от 1,38 до 1,40; как и следует ожидать, плотность разложившихся кусков еще меньше, около 1,36. Твердые внутренние стенки плодов используются для производства пуговиц, а семена режутся для четок. Кроме того, твердая вязкая древесина применяется в качестве материала для разнообразных домашних поделок.

1. Кость

Кость — это не слоновая кость, и они заметно различаются по внешнему виду; тем не менее существующая между ними связь является основанием для рассмотрения в этой главе свойств кости в дополнение к приведенному выше описанию слоновой кости.

В понятии «кость» объединяются скелеты всех представителей животного мира, кроме уже рассмотренных. Костные остатки были хорошо знакомы уже первобытному человеку, и очень скоро твердые части скелетов навели на мысль о возможности использования их в качестве декоративного материала для отделки различных предметов. Как отмечалось выше, кости, подобно зубам, состоят из минеральных солей, гидроксилфосфата кальция и органического материала. Установлено, что минеральные соли, остающиеся после сжигания костей и разрушения органических компонентов, составляют около двух третей исходного веса костей. Под действием соляной или азотной кислот, которые не влияют на органические составляющие, минеральные соли удаляются, а микроскопическая структура кости остается нетронутой; из этого следует, что минеральные и органические компоненты тесно взаимосвязаны.

По внешнему облику кости можно разделить на две главные категории — на компактные и решетчатые. Решетчатые кости имеют губчатое строение и пригодны для декоративных целей. Крупные промежутки между костным веществом заполнены жировой тканью, богатой кровеносными сосудами; решетчатые кости образуют внутренности большинства костей и окончания длинных костей. Компактные кости слагают внешние части всех костей и стержни длинных костей; плотность их такова, что они внешне похожи на слоновую кость. Микроскопические исследования плотной кости показали, что она состоит из многочисленных круглых ячеек, которые были названы гаверсовой системой по имени английского анатома Гаверса, впервые их описавшего. Центральная часть каждой ячейки — полая (гаверсов канал); по нему при жизни животного проходят артерии и вены вместе с нервными волокнами, капиллярами и лимфатическими сосудами; все они заключены в жировую ткань. Стенки канала образованы серией концентрических тонких слоев костной ткани, между которыми находятся костные пустоты, заполненные костной корпускулой, и через них проходят тонкие разветвленные линии канальцев. Изучение продольных сечений показало, что каналы часто соединяются или по крайней мере сообщаются по наклонным секущим каналам. Промежутки между ними заполнены костной тканью.

Показатель преломления плотной кости несколько выше, чем

у слоновой кости, он колеблется в пределах от 1,54 до 1,56, несколько выше также и плотность — от 1,94 до 2,10, твердость 2,75 по шкале Мооса. Эти свойства, по-видимому, недостаточны для уверенной диагностики. Плотная кость, однако, может быть определена по виду ее среза под микроскопом. На поверхности поперечного или близкого к нему среза кости будут видны круглые или овальные срезы гаверсовых каналов, каждый из которых окружен структурой, содержащей пустоты. В то же время в продольном разрезе видны темные полосы (каналы) в массе овальных, похожих на семена пустот. Ни в одном срезе здесь не видно и намека на зернистую структуру.

6. Кораллы

В наши дни кораллы ценятся гораздо ниже жемчуга и находят лишь ограниченное применение в украшениях, но, как рассказывает Плиний, в его время кораллы занимали такое же место в Индии, как жемчуг в Риме [1]; тогда, как и теперь, ценились красные кораллы [2]. От Плиния мы также знаем, что растертые в порошок кораллы широко использовались в медицине [3]. Название происходит от греческого слова κοράλλιον (коралл).

Общеизвестно, что кораллы широко распространены в теплых морях и слагают громадные коралловые рифы, которые являются характерной чертой тропических вод. Для украшений, декорирования одежды и утвари использовался в основном лишь один вид кораллов — благородный коралл (*Corallium nobile*, или *Corallium rubrum*), окрашенный в розово-красный или красный цвет. Он состоит главным образом из карбоната кальция (около 85%) с небольшим количеством карбоната магния, еще меньшим количеством окиси железа и других минеральных компонентов, а также незначительной примеси (около 1%) органического материала; форма кораллов ветвистая. Известковый каркас кораллового полипа строится колонией морских организмов, имеющих вид полых трубок, которые развиваются, живут и умирают один над другим, на одном месте. Минеральное вещество извлекается из моря полипами, отлагается в их ткани и остается на месте

[1] «Так же как в нашей части света ценят жемчуг из Индии — предмет, о котором мы говорили в соответствующем месте достаточно подробно,— в Индии ценят кораллы».

[2] «Наиболее ценными считаются самые красные и ветвистые кораллы; но в то же время они не должны быть грубыми и твердыми, как камень; с другой стороны, они не должны быть полными дырок и пустот».

[3] «Обожженный, растертый и опущенный в воду коралл приносит облегчение пациентам, страдающим от спазматических болей кишечника, при болезнях мочевого пузыря. Опущенный в вино или (если есть симптомы лихорадки) в воду, он действует как наркотическое средство».

после их смерти. Карбонат кальция присутствует в форме кальцита, кристаллы которого в виде волокон расходятся под прямым углом от оси скелета. Цвет зависит главным образом от присутствия органического материала. Плотность варьирует от 2,6 до 2,7, т. е. несколько меньше, чем у кальцита, а твердость несколько выше — около $3^3/_4$ по шкале Мооса. Вследствие значительного содержания карбоната кальция в составе коралла он вскипает, если на него капнуть кислотой. Однако черные кораллы, распространенные в Китае и Индии, не содержат карбоната кальция. Их плотность (1,32—1,35) и показатель преломления (1,56) свидетельствуют о том, что они целиком состоят из конхиолина.

Из кораллов в основном делают бусы круглой или угловатой формы. Благодаря их сравнительной мягкости они легко поддаются обработке стальными инструментами на токарном станке или иным путем, в лучшем случае требуя только слабой полировки. Бусины осторожно, избегая перегрева или раскалывания, просверливают и нанизывают в виде ожерелий, четок или браслетов.

Самые хорошие красные кораллы с давних времен находят в Средиземном море, и в Италии они высоко ценятся. Наиболее важными участками добычи их являются побережья Туниса, Алжира и Марокко в Африке, побережье Калабрии в Италии и участки вокруг островов Сицилии, Сардинии и Корсики. Обработка кораллов почти полностью сосредоточена в Италии, т. е. в стране, где кораллы ценятся больше, чем в других местах.

в. Гагат

С времен захвата Британии римлянами черный плотный материал был известен как гагат [1]. Он был найден в значительном количестве на Йоркширском побережье близ Уитби, обрабатывался и использовался для декоративных целей, особенно в похоронных ювелирных изделиях.

Гагат — черная разновидность бурого угля или лигнита, который благодаря массивной текстуре хорошо полируется; он образовался в результате разложения скоплений древесины, попавших на морское дно, а затем в породы, в которые преобразовался тонкий ил. Гагат распространен в тонких глинистых сланцах, известных как битуминозные гагатсодержащие сланцы верхнелейасового возраста, распространенные на побережье близ Уитби; упоминались его находки и в некоторых соседних долинах. Плотность гагата варьирует от 1,30 до 1,35, а твердость — от 2 до 4 по шкале Мооса.

[1] Плиний пишет: «Гагат — камень, называемый так по латинскому названию города или реки Gages в Лукии, Малая Азия».

Лучшие гагаты равномерно окрашены в черный цвет; им можно придать прекрасную бархатистую полировку. Изделия из гагата пользовались спросом примерно в середине прошлого века, но в наше время спрос на него упал, а для траурных ювелирных изделий предпочитают более черные минералы, такие, как оникс, гранат (меланит) и турмалин.

Как и любой сорт угля, гагат горит, давая коптящее пламя; однако этот способ определения, по известным причинам, применяется редко [1].

г. Панцирь черепахи

Начало применения черепахового панциря для декорирования изделий, и в частности как облицовочного материала или материала для инкрустаций, относится к 80 г. до н. э., о чем Плиний пишет: «Карвилиус Полло, человек щедрых привычек и изобретательный на выдумки, касающиеся отделки предметов роскоши, был первым, кто нарезал панцирь черепахи на полосы и отделал ими ложе и кабинет» (Карвилиус Полло занимал пост римского всадника во времена диктатуры Суллы в 81—78 гг. до н. э.). Позднее в своем труде, обсуждая вопросы искусства облицовки, Плиний говорит об использовании рога и слоновой кости для декорирования дерева и о любопытном опыте обработки и применения панциря черепахи для имитации дерева:

«Для того чтобы одно и то же дерево продать с наибольшей выгодой, додумались до облицовки его тонкими пластинками; мало того, подбирали разноцветные рога животных и их зубы и нарезали на части для того, чтобы украсить дерево, а потом оклеить его полностью. Позднее, после всего этого, человек стал искать материал еще и в море! Он научился резать на части панцирь черепахи. В правление Нерона возникла чудовищная выдумка, направленная на разрушение естественного внешнего вида (панциря) путем окрашивания его под дерево, удачная имитация дерева давала возможность продавать эти изделия по еще более высокой цене».

В торговую сеть поступали роговые пластинки, покрывающие костистый верхний щит черепахи биссы *(Eretmochelus imbricata)*. Бисса — самая маленькая из морских черепах, ее верхний щит никогда не превышает 76 см в длину. На щите насчитывается всего тринадцать больших пластинок — пять по центру внизу и по

[1] Гагат (называемый на Кавказе еще гишером) издавна добывался в районе Кутаиси и обрабатывался монахами монастыря Гелати. Сапропелевый уголь, встречающийся в северной части Черемховского бассейна, также издавна использовался для мелкой пластики. Широко применяется для скульптурных изделий однородный уголь окр. Хонгая во Вьетнаме.— *Прим. ред.*

четыре с каждой стороны и в дополнение к ним 24 маленькие пластинки, известные как «копыта», или «клешни», которые образуют зазубренный край верхнего щита. Большие пластинки перекрывают друг друга от фронтальной части назад, подобно шиферным плитам на крыше — от гребня вниз; перекрытие составляет приблизительно третью часть всего размера пластинки. Размер каждой из них может быть от 20 до 30 см, а вес — 0,25 кг. Однако у старых черепах пластинки могут быть плоскими и лежать рядом. Интерес представляют большие пластинки; мелкие пластинки по краю верхнего щита и пластинки нижнего щита ценятся меньше или вообще не имеют коммерческой стоимости. С одной черепахи можно получить 3,6 кг черепахового щита.

Пластинки по составу подобны обычному рогу; они полностью лишены минеральных веществ, более твердые, менее волокнистые и более хрупкие. Цена их зависит от степени прозрачности, интенсивности окраски приятного желтого нижнего фона, богатства крапа коричневатого цвета и способности к полировке. Биссы обитают во всех тропических морях Тихого и Атлантического океанов, а отборные особи распространены вокруг Молуккских островов.

Черепаховый щит — термопластический материал, т. е. он размягчается под действием тепла при температуре кипения воды. Ввиду того что при слишком высокой температуре он темнеет, а его полупрозрачность уменьшается, щит обрабатывают при самых низких из возможных температур. Пластинки отделяют от костного скелета при нагревании верхнего щита; поскольку они получаются изогнутыми, топорщатся и имеют неправильную форму, их выравнивают под прессом и, кроме того, прогревают, чтобы уничтожить неровности поверхности, возникшие при первичной обработке панциря. Толщину пластинки или размер ее поверхности легко увеличить, так как при достаточном нагревании самый верхний слой пластинки размягчается, а под действием равномерного давления происходит совершенное соединение разогретых поверхностей. Для увеличения площади пластинок правильно скошенные их края накладывают один на другой и сдавливают вместе в тисках или щипцами, одновременно нагревая кипящей водой или подвергая равноценному сухому обогреву. При нагревании и под давлением черепаховый щит может быть изогнут — этот прием применяется при изготовлении маленьких коробок и других предметов. В наши дни панцирь черепахи используют для изготовления гребней, ручек для ножей и пр.

Физические свойства панциря черепахи: показатель преломления около 1,55, плотность 1,29, твердость $2^1/_2$ по шкале Мооса; царапается ножом. Под микроскопом видна характерная пятнистость, обусловленная наличием многочисленных сферических частиц.

41

Смолы

С незапамятных времен такие соки деревьев, как смолы и ка́меди, использовались человеком для различных целей. Древние египтяне, например были знакомы с бальзамами и живицей из Северной Африки; они, по-видимому, употребляли разогретые смолы при мумифицировании, а также в качестве лаков для покрытия различных предметов.

Смолы широко использовались в античную эпоху, и Плиний отводит много места описанию смолопроизводящих деревьев, качеству смол и их применению.

Всестороннее изучение природных смол, направленное либо на их улучшение для практического использования, либо на поиски более дешевых и более подходящих заменителей, привело к открытию многочисленных синтетических смол, особенно в течение XX в.; этим смолам было дано общее название «пластмассы». Если подумать об огромной пользе и декоративных свойствах этих материалов, отличающихся умеренной твердостью, термин может показаться немного случайным, тем не менее он соответствует назначению, потому что, каким бы ни был окончательный вид материала, на какой-то стадии производства он действительно пластичен.

Определение «твердый», используемое применительно к смолам, природным или синтетическим, следует интерпретировать как понятие относительное: ни одна из них на деле не может сравниваться в этом отношении с обычными драгоценными камнями. Твердость природных смол увеличивается с возрастом, но самая старая и самая твердая из них — янтарь — явно более мягкий материал, чем кальцит, который Моос выбрал как эталон твердости 3 в своей шкале, хотя янтарь тверже, чем гипс (твердость 2). В среднем твердые смолы обладают такой же твердостью, как гипс, некоторые из них немного тверже, а другие несколько мягче, но большинство из них царапается ножом. Твердость, конечно, не является характеристикой, рекомендуемой для диагностических целей, но она служит указателем того, какие изделия выгодно делать из смолы. Таким образом, прозрачные или даже полупрозрачные смолы следует обрабатывать вручную и реставрировать с осторожностью, если они нуждаются в восстановлении первоначальной полировки.

а. Природные смолы

Природные смолы, которые обычно использовались ранее или используются теперь (за исключением удивительного шеллака, образующегося из растений), представляют собой выделения деревьев в чистом виде или в смеси с эфирными маслами, обычно с очищенным скипидаром; в отличие от другого вида выделений из деревьев — ка́меди, смолы не растворяются в воде. Следует отметить, что камедью можно называть некоторые терпентины, жидкие только в свежем состоянии; примером могут служить смолистые выделения каури.

Плотность смол, выделяемых деревьями, как правило, близка к 1,060, и так как их плотность зависит от содержания воздуха, это свойство почти бесполезно для диагностики. Она, однако, явно ниже у натуральных, чем у синтетических смол, за исключением шеллака, который не является прямым продуктом жизнедеятельности деревьев.

Более надежным является показатель преломления большинства прозрачных синтетических смол. В этом отношении шеллак сопоставим с другими природными смолами.

Приводимую температуру плавления твердых натуральных смол следует рассматривать как приблизительную, так как плавление — это постепенный процесс и имеются значительные расхождения между температурой, при которой смола размягчается, и той, при которой она становится жидкой. Янтарь — единственная из натуральных смол, пригодная как материал для декоративных изделий. Другие смолы, используемые для имитации янтаря, описаны ниже.

1. Янтарь

Ископаемая смола, имя которой «янтарь», неоднородна по своему характеру; она состоит из отдельных компонентов, более или менее растворимых в спирте или хлороформе, и нерастворимого битуминозного компонента. Формула янтаря $C_{10}H_{16}O$. Это настоящий ископаемый материал; деревья, выделявшие смолу, не имеют представителей в современном растительном мире, тогда как деревья, которые давали занзибарскую копаловую камедь, произрастают и сейчас. Изо всех природных смол янтарь вообще единственная, которая обычно шла на изготовление декоративных изделий, главным образом бус, и такое применение она находит в Англии с бронзового века.

Название «янтарь» (англ. amber) произошло от позднелатинского слова ambar, которое в свою очередь произошло от арабского anbar. Существовала большая путаница между английским amber (янтарь) и совсем другим веществом, которое образуется

в кишечнике кашалота и пользуется очень большим спросом как необходимый ингредиент прекраснейших духов. Название «поддельный янтарь» (bastard amber) дано непрозрачному материалу. Желтая смола использовалась греками как лак; она была романтически названа ими βερνικη по имени златовласой королевы Береники. Имя пришло в латинский язык как bernix, позднее преобразовалось в vernix и в конце концов дошло до нас как varnish (лак).

У Плиния мы читаем, что янтарь был хорошо известен и ценим в древние времена:

«Следующим по порядку (т. е. после хрусталя и, возможно, агата или флюорита) среди предметов роскоши мы видим янтарь, изделия из которого, однако, пока пользуются спросом только у женщин».

В ходе многословного описания свойств янтаря он упоминает о его способности при трении притягивать куски материала:

«Если передать живое тепло янтарю, потерев его между пальцами, он будет притягивать солому, сухие листья и кору так же, как магнит притягивает железо».

Эта способность янтаря притягивать предметы была также знакома грекам, и от их названия янтаря ἤλεκτρου происходит слово «электричество». Можно отметить, что этим же словом они называли золото, содержащее от 20 до 30% серебра и имеющее поэтому более светлый желтый цвет, чем чистое золото.

Как понимали происхождение янтаря во времена Плиния, ясно из следующей цитаты:

«Янтарь образуется из костного мозга, выделяемого деревьями, относящимися к соснам, подобно тому как выделяются смолистые вещества из вишни и смола из обычной сосны. Сначала она жидкая и вытекает в больших количествах, но постепенно затвердевает под действием тепла, или холода, или же морской воды, когда прилив уносит в море обломки с берегов. Во всяком случае, он «извергался» на побережье в виде легких струящихся потоков, которые на отмелях имели вид драпировок, подвешенных в воде. Наши предки тоже придерживались мнения, что это сок дерева и поэтому дали ему имя «сукцинум» (от слова succus — «сок»); серьезным доказательством того, что янтарь является производным деревьев из рода сосен является тот факт, что при горении он пахнет как сосновое дерево».

Поскольку деревья, из смолы которых образовался янтарь, произрастали в олигоценовую эпоху и вымерли задолго до времени жизни Плиния, в цитируемом описании имеется очевидная путаница между копаловой камедью ныне растущих деревьев и янтарем.

Что знал Плиний о включениях в янтаре и как оценивал их значение, показывает следующий отрывок из его работы:

«Главным свидетельством того, каким должен был быть янтарь в исходном жидком состоянии, является его прозрачность — внутри твердых кусков видны муравьи, комары, ящерицы. Они, без сомнения, должны были сначала прилипнуть к смоле, пока она была жидкой, и затем, по мере затвердевания, оставались внутри».

Цвет янтаря желтый, интенсивность окраски варьирует от светлых оттенков до коричневого; последняя разновидность характеризуется отчетливой голубой флюоресценцией. Его можно искусственно окрасить в другие цвета: черный и зеленый. Янтарь гораздо мягче, чем драгоценные камни; его твердость около 2½ по шкале Мооса; он царапается ножом, хотя твердость самого ножа не постоянна, а меняется у каждого отдельно взятого лезвия. Янтарь не хрупок и, следовательно, представляет собой материал, который очень подходит для резьбы. Подобно всем смолам, он аморфный, оптически одноосный, показатель преломления колеблется от 1,539 до 1,545; всегда дает высокие цвета интерференции в поляризованном свете. Плотность варьирует от 1,05 до 1,10, следовательно, янтарь должен тонуть в чистой воде, но в достаточно плотном рассоле будет плавать. Будучи очень плохим проводником тепла, янтарь теплый на ощупь. При трении в нем образуется отрицательный заряд электричества и он начинает притягивать кусочки материалов; подобно всем смолам, он является хорошим изолятором. Часто янтарь бывает мутным из-за присутствующих в нем пузырьков воздуха и, как отмечал Плиний, нередко в виде включений содержит как органические, так и неорганические предметы. Насекомые и другие мелкие животные, которые были захвачены во время выделения смолы и таким образом сохранились, представляют собой материал величайшей важности для представления о жизни в ту давнюю эпоху.

Нагретый до температуры 250—300°С, янтарь кипит после полного плавления, образуя в качестве дистиллята красновато-коричневое масло (янтарное масло), твердое кристаллическое вещество (сукцинитовую кислоту) и водянистую жидкость, оставляя после сгорания черный остаток (янтарную канифоль или янтарную красную смолу). Содержание присутствующей сукцинитовой кислоты меняется от 2,5 до 8%. Химическая формула кислоты — $C_2H_4(COOH)_2$. Впервые она была получена при возгонке янтаря в середине XVI в., и почти тот же метод применяется и сейчас. Присутствием сукцинитовой кислоты объясняется возгонка ароматических паров, выделяемых горящим янтарем.

Строго говоря, называть янтарем следовало бы одну только разновидность — сукцинит, который содержит сукцинитовую кислоту. Есть другие ископаемые смолы, не содержащие кислоты, в частности геданит (название происходит от Gedanum, латинского названия Гданьска). Эта разность мягче, твердость ее меняется от 1½ до 2 по шкале Мооса, а плотность — от 1,01 до 1,03;

бирмит — янтарь из района Мииткиина в Бирме, он несколько тверже и плотнее, чем янтарь из других мест.

Небольшие кусочки янтаря, нагретые без доступа воздуха под гидравлическим прессом, превращаются в однородную массу; этот материал известен как прессованный янтарь. Из него изготовляют бруски (прутья), получаемые при продавливании через круглые дырки нужного диаметра в металлической пластинке. Прессованный янтарь по внешнему виду и физическим свойствам очень похож на природный, но его легко отличить по измененной форме включенных пузырьков, общему характеру структуры течения и цветам интерференции, которые уже не равномерно распределяются по всему полю, а как бы составлены из контрастных кусков (как лоскутное одеяло).

Янтарь в основном применяется для изготовления мундштуков курительных трубок, ожерелий и в меньшей степени ручек зонтов и некоторых художественных изделий. Благодаря таким его свойствам, как мягкость и вязкость, янтарь легко обрабатывается не раскалываясь, легко поддается полировке и довольно хорошо сохраняет ее. Производство янтаря концентрируется главным образом в Калининграде, СССР. До появления прессованного янтаря мелкие кусочки использовались как материал для лакировки.

Янтарь легко имитируется некоторыми синтетическими смолами, такими, как бакелит, казеиновые продукты эриноид и галалит, целлулоид (нитрат целлюлозы); но при проверке в каком-нибудь неприметном месте, например около дырочки в бусине, изделия из пластмасс откалываются, тогда как янтарь не крошится. Кроме того, плотность янтаря ниже, чем у пластмасс, а пары, образующиеся при нагревании его обломков на лезвии ножа, издают очень характерный запах.

В Калининградской области в СССР янтарь распространен в нижнеолигоценовых морских глауконитовых песках, называемых голубой землей, образовавшихся за счет более ранних третичных отложений: янтарь — ископаемая смола *Pinus succinifer*; он распространен также в ледниковых отложениях. Янтарь намывается морем на побережья Восточной Англии, Нидерландов, Дании, Швеции, Финляндии и островов Балтийского моря. Заметно флюоресцирующий красно-коричневым цветом янтарь, который получил название «симетит», встречается на побережье Сицилии. Добывается янтарь в Румынии и Бирме[1].

[1] Прекрасное описание калининградских и других месторождений, а также свойств янтаря дано в работах: *С. С. Савкевич*, Янтарь, «Недра», 1970. *В. С. Трофимов*, Янтарь, «Недра», 1974.— *Прим. ред.*

2. Даммар

Смола, обильно выделяемая некоторыми деревьями на Малайском архипелаге и в южной части Индии, известна в Малайзии под названием «дамар», что означает «факел», и используется главным образом для изготовления факелов. В Европе название «даммар» относится в основном к свежей низкокачественной смоле, растворимой в спирте; лучшие из более твердых сортов относятся к копалам (копаловой камеди), например манильский копал.

Свежая смола выделяется либо естественным путем, либо из надрезов на дереве. Единственное регулярно надрезаемое дерево — это *Belanocarpus heimii*; его продукт известен как даммар-пенак *(damar penak)*, который представляет собой светлую до желтоватой высококачественную натечную смолу. Подобная же смола, но в форме глобулей, а не натеков известна как даммар-кошачий глаз *(damar mata kuching)*; она выделяется несколькими деревьями рода *Hopea*. Так называемый сингапурский даммар, который лишь вывозится через этот порт, но не добывается в его окрестностях, представляет собой смесь двух вышеупомянутых смол; его показатель преломления 1,515, плотность 1,062. Подобные смолы с острова Калимантан, называемые «понтиак», обладают показателем преломления 1,545 и плотностью 1,068; плавятся при 135°С.

Многие смолы, поступающие на рынок, выделялись из деревьев в течение долгого времени и затвердевали в виде более или менее крепких кусков. Подобные куски находят в земле, часто в таких местах, где теперь нет и следов материнских деревьев. Из-за их нынешнего вида, в общем подобного горной породе, эти куски называют даммаровым камнем; термин иногда свободно использовался для обозначения непрозрачных и окрашенных кусков. Черные или очень темные разновидности известны как черный даммар. В торговле эти твердые смолы объединяются с копалами. Так называемый манильский копал с Филиппинских островов характеризуется следующими физическими свойствами: показатель преломления 1,544, плотность 1,072, точка плавления 120°С для мягких и 190°С для твердых разновидностей.

Ценную смолу, называемую «белый даммар», или «сосновая смола», выделяет *Vateria indica* — большое вечнозеленое дерево из рода *Dipterocarpea*, произрастающее в Южной Индии.

3. Копал

Копалом (от мексиканского слова copalli — ладан) называется затвердевшая смола средней твердости, окраска которой варьирует от почти бесцветной до яркой желто-коричневой. Копал имеет раковистый излом, растворим в таких растворителях, как

спирт и терпентин, что до некоторой степени зависит от возраста смолы. В свежем состоянии смола жидкая, но вязкость быстро возрастает, и она становится твердой и относительно плотной. Копал получается из разных деревьев в разных частях света. Основным производящим деревом является белая акация *Hymenaea courbaril*, произрастающая в тропиках Южной Америки и достигающая значительных размеров — до 30 м в высоту и 7,6 м в обхвате. Продукция в основном вывозится в Индию и Китай и не доходит до европейских рынков.

Хорошо известным копалом являются смолистые выделения (камедь) каури; смола каури *Agathis australis* в огромных количествах экспортируется из Новой Зеландии. Смола обычно в виде стяжений находится на глубине 0,6—0,9 м в камедьсодержащей почве и на глубине 9—12 м в торфяных болотах, часто далеко от ныне растущих деревьев. Камедь каури плавится при 150°С, показатель преломления 1,540, плотность 1,043. Внешне она похожа на бледный янтарь, но будучи по возрасту значительно моложе, она легче поддается воздействию растворителей, например становится очень клейкой, если поместить на нее каплю эфира, тогда как на янтарь эфир почти не действует. Конго-копал из Западной Африки — несколько более твердая смола, плавящаяся при более высокой температуре — 200°С; показатель преломления 1,540, плотность 1,066.

Еще более твердая смола, чаще всего используемая как лак,— занзибарский, или восточноафриканский, копал, который называют зрелым, истинным, или ископаемым, копалом. Сейчас практически полностью все эти разновидности добывают вдоль побережья материка в Танзании. Они залегают в земле на небольшой глубине — до 1,2 м, обычно в виде мелких галек, а иногда массивных кусков весом около 1,8 кг. Показатель преломления копала 1,515, плотность 1,062; он становится мягким при 158°С и разрушается при температуре от 340 до 360°С, выделяя масла и разный по составу остаток. Практически растворим в спирте, но не растворяется в углеводородах, эфирах и кетонах.

4. Шеллак

Шеллак в отличие от других натуральных смол образуется из выделений деревьев не прямо, а под действием насекомых. Он очень ценен как легко формируемый материал и использовался для изготовления электрических изоляторов. Сама смола собственно известна как lac — красная смола. Название «шеллак» относится к продукту в том виде, в каком он поступает на европейский рынок. Слово lac на языке хинди означает «сотни тысяч» и относится к бесчисленному множеству насекомых, которые производят смолу.

Смола производится одним из видов Coccidae, или щитовок,— *Laccifer (Tachardia) lacca*, которые тесно связаны с насекомыми, производящими кошениль *(Coccus cacti)*. Насекомые окрашены в оранжево-красный цвет. Поселяясь на подходящих ветках, они усваивают сок дерева и выделяют смолистое вещество, в результате чего образуется кокон и наконец сплошной смолистый слой, покрывающий каждую веточку. Количество насекомых варьирует от 14 до 20 на 0,6—1,3 мм длины.

Для производства шеллака веточки (лаковый прут), заселенные живущими насекомыми, собирают два раза в год — в июне и в декабре. После измельчения и промывки в горячей воде смола растапливается, процеживается через толстый холст и разливается слоями; в этом виде шеллак поступает на европейский рынок. Окраска шеллака меняется от темно-желтой до черной, но в тонком слое она бледная; в этом случае смола называется оранжевым лаком и идет по более высокой цене. Шеллак можно отбелить, и тогда он известен как белый шеллак; за счет добавления красителей такой шеллак может приобретать различные нежные оттенки. На Востоке в качестве красителя белого шеллака чаще всего используют аурипигмент — мягкий лимонно-желтый минерал. Показатель преломления оранжевого шеллака равен 1,516, плотность 1,52; более темные шеллаки плотнее, а их показатель преломления повышается почти до 1,42.

Как и у всех смол, температура, при которой шеллак размягчается, заметно отличается от температуры его плавления: первая колеблется от 62 до 68°С, вторая приблизительно на 10° выше. В отличие от других природных смол шеллак обладает отчетливыми термозакаливающими свойствами; в этом отношении он сходен с группой синтетических смол, прототипом которых является бакелит: при нагревании до 100°С он постоянно изменяется, его растворимость в спирте заметно уменьшается, а температура плавления повышается.

В Индии шеллак, окрашенный в желтый или другие цвета, используется для изготовления браслетов и других декоративных изделий, а также для покрытия изделий из других материалов, т. е. для лакировки. Очень хороший результат получается при наклеивании различно окрашенных полосок шеллака на предметы подходящей формы с последующей обработкой их на токарном станке: тепла, образующегося от трения, достаточно для того, чтобы расплавить шеллак, который при этом распределяется в виде тонкой пленки по поверхности изделия.

б. Синтетические смолы

Основное применение синтетических смол началось около 1880 г., с момента получения пластмасс из нитроклетчатки, которые продавались как ксилонит в Англии и как целлулоид в Америке. Применение их значительно расширилось в 1909 г. с введением бакелита, прототипа пластмасс неизменяемой формы, которые постоянно сохраняют твердость; с этого времени развитие производства ускорилось, что привело к открытию новых и во многом лучших веществ.

Получение пластмасс стало возможным благодаря открытию способности соединений углерода разрывать связи с образованием радикалов, которые могут, взаимодействуя между собой, давать новые соединения с большим молекулярным весом; этот процесс был назван Берцелиусом в 1830 г. полимеризацией. Полимеры состоят из тех же элементов в тех же соотношениях, что и радикалы, но часто разительно отличаются молекулярным весом и свойствами. Хорошо знакомыми всем полимерами являются бензол C_6H_6 — полимер ацетилена C_2H_2; уксусная кислота $C_2H_4O_2$, молочная кислота $C_3H_6O_3$ и глюкоза $C_6H_{12}O_6$, которые представляют собой полимеры формальдегида CH_2O.

Следует отметить, что синтетические смолы, за исключением стирола, обладают заметно большей плотностью, чем природные смолы, за исключением шеллака. Что касается показателей преломления, то здесь наблюдается лишь частичное перекрытие — значения показателей преломления природных смол находятся внутри ряда значений, характерных для синтетических смол, но в целом стекловидные синтетические смолы характеризуются более высокими показателями.

По свойствам пластмассы можно разделить на две категории: термопластические и термостойкие. Пластмассы первой категории под действием тепла и давления могут принимать определенную форму и неограниченно изменять ее. К ним относятся целлюлоза, прозрачный винил, полистирол и метакрилатные смолы наряду с натуральными смолами и минеральным воском, который уже рассматривался. Вторая категория состоит из фенол-формальдегидных, аминовых и казеиновых пластмасс.

1. Термопластические смолы

Нитроцеллюлоза. Целлюлоза, сырье для целлюлозных пластмасс, изготавливается из неазотных компонентов растительных тканей. Она образуется в растениях под действием солнечного света. Строго говоря, эту пластмассу нельзя считать полностью синтетической. Основным источником сырья для целлюлозы является хлопковый очес, который остается после использования длин-

ных волокон; содержание в нем целлюлозы достигает 90%. Другим материалом является древесная масса.

Еще в 1965 г. Наркис открыл, что пироксилиновое вещество, которое почти соответствует динитроцеллюлозе, содержит 11% азота; хорошо смешанное с камфорой, оно образует роговидное вещество, которое поступило на рынки с торговым наименованием «ксилонит». Почти в то же время братья У. Дж. и Дж. С. Хиатт в США, движимые желанием получить приз за изобретение материала, который мог бы заменить слоновую кость в бильярдных шарах, изобрели целлулоид. Появились и другие торговые наименования — «пиралин», «хеколит», «висколоид» и «фироид». После придания необходимой окраски нитрат раскатывается, нарезается на листы, полируется; ему легко придать желаемую форму.

Целлулоид обычно более или менее просвечивает; его физические свойства: показатель преломления 1,495—1,520, плотность обычно колеблется от 1,27 до 1,37, но иногда достигает 1,90 в зависимости от количества и характера наполнителя и красителя, твердость 1½—2 по шкале Мооса. Под ножом он крошится. Целлулоид растворяется в ацетоне и в небольшой степени в амилацетате, травится концентрированными азотной и серной кислотами, а также едким натром и другими сильными щелочами, но не поддается воздействию разбавленных кислот.

Целлулоид легко воспламеняется, но несмотря на недостатки он находит самое разнообразное применение, например для клавиатуры фортепиано, ручек ножей, щеток для волос, гребней, ручек зубных щеток, авторучек и главным образом декоративных изделий; годовое производство целлулоида в мире огромно.

Ацетилцеллюлоза. Легкая воспламеняемость целлулоида стимулировала исследования, направленные на изучение возможностей использования ацетилцеллюлозы, которая в отличие от целлулоида не вспыхивает, а медленно горит. Торговые названия этого материала — «биксоид», «ацетатный искусственный шелк» (для одежды), «целастоид», «селламолд», «эринофол», «изофлекс», «лумарит», «пластасел», «родоид», «тенит», «утилекс», «виндолит» и др.

Ацетилцеллюлоза по внешнему виду похожа на нитрат и характеризуется следующими параметрами: показатель преломления колеблется от 1,47 до 1,50, плотность — от 1,27 до 1,37 и увеличивается до 2,0 в зависимости от использованного красителя; твердость около 1½ по шкале Мооса, крошится под ножом.

Виниловые пластмассы. Это важная группа пластмасс образуется за счет виниловых компонентов, которые содержат молекулярную группу $CH_2 : CH$. Наиболее известными членами группы являются поливинилацетат $CH_2 : CH.O.CO.OH_3$, винилхлорид

CH_2 : CH. Cl, комбинация этих двух веществ, поливинилбензол, или стирол CH_2 : CH : C_6H_5 в различных формах полимеризации. Свойства материалов зависят от степени полимеризации.

Винилацетат образуется из ацетилена CH : CH и уксусной кислоты CH_3.CO.OH в виде жидкости с низкой температурой кипения; в процессе полимеризации винилацетат преобразуется в прозрачное стекловидное вещество, которое устойчиво к теплу, свету и влаге, но растворяется в органических растворителях. Его показатель преломления 1,473, плотность 1,15. Он размягчается при низкой температуре и поэтому легко формуется.

Винилхлорид образуется в результате взаимодействия ацетилена и соляной кислоты. Свойства его сильно меняются в зависимости от степени полимеризации; низкополимеризованный винилхлорид растворим во многих растворителях, тогда как высокополимеризованный винилхлорид с трудом растворяется и размягчается при высокой температуре. Сополимеры винилхлорида с винилацетатом обладают хорошими свойствами. При увеличении содержания хлорида получается бесцветный и прозрачный полимер, пригодный для формования. Показатель преломления колеблется от 1,52 до 1,53, плотность равна 1,34—1,36, но в зависимости от наполнителя она может увеличиваться до 2,5.

Наиболее ценная из пластмасс — стирол, который получается при взаимодействии этилена CH_2.CH_2 с бензолом C_6H_6 и их крекинге, в результате чего бензол теряет водород и дает стирол C_6H_5.CH.CH_2. Затем он полимеризуется различными способами и превращается в яснокристаллическую пластмассу с такой высокой диэлектрической проницаемостью, что она может заменять кремневые изоляторы. Полистирол производится под разными торговыми названиями: «дистрен» в Великобритании, «стирол», «люстрон» и «виктрон» в США, «резогланц» и «тролетул» в ФРГ. Его показатель преломления колеблется от 1,610 до 1,670, плотность — от 1,05 до 1,07, твердость 2¼ по шкале Мооса, крошится под ножом.

Метакрилатные смолы. Замечательная серия стеклоподобных пластмасс основана на этерификации метакриловой кислоты (термин «эфиры» был введен Гмелином для обозначения продуктов, образующихся при взаимодействии спирта и органических или неорганических кислот). Полимеризация акриловых эфиров приводит к образованию мягких пластмасс.

Метилметакрилат $C_4H_5O.OCH_3$ — очень чистое вещество, представляющее собой лучшее органическое стекло из открытых до сих пор. Физические параметры: показатель преломления от 1,50 до 1,52, плотность 1,18, твердость 2¼ по шкале Мооса. По способности пропускать ультрафиолетовые лучи метакрилатные смолы превосходят стекло; они обладают хорошей диэлектрической про-

ницаемостью и устойчивы к неорганическим кислотам и щелочам. На рынках они известны под названиями «диакон», «респекс», «луцит» и «плексиглас». В сочетании с подходящим цветным наполнителем они находят применение как материал для телефонных сетей, а бесцветные разновидности благодаря высокой прозрачности применяются для производства линз.

2. *Термостойкие смолы*

Фенолформальдегидные смолы. Уже в 1872 г. ван Бейер показал, что фенолы и альдегиды, взаимодействуя, дают смолистые продукты, однако это открытие не находило практического применения вплоть до 1909 г., когда Бекеленд в результате серии экспериментов пришел к выводу, что продуктом взаимодействия между фенолом и формальдегидом является смола, которая в соответствующих условиях становится твердой и устойчивой к дальнейшим деформациям; таким образом, была открыта новая эпоха в истории пластмасс. Вместо фенола может употребляться технический крезол. Эта смола состоит из трех отдельных изомеров крезола C_7H_8O, производимых креозотом, также являющимся производным каменноугольной смолы.

Феноловые формуемые материалы имеют темный цвет, обычно от коричневого до черного; при добавлении соответствующего красного красителя можно получить голубые и зеленые тона. В качестве наполнителей используются асбест, слюда и некоторые другие минералы. Материал применяется для производства различных изделий, таких, как изоляторы, ручки, пробки для бутылок, панели для шкатулок и пепельницы.

Если требуется фенольная смола какого-то оттенка, используется избыток формалина. В результате смола становится вязкой, полупрозрачной и почти бесцветной. Добавляя прозрачный пурпур, получают бесцветный материал, а разноцветные эффекты получаются за счет смешения различно окрашенных добавок до стадии затвердения.

Физические свойства фенолформальдегидных смол следующие: показатель преломления 1,54—1,70; плотность 1,35—1,60, зависит от использованного наполнителя (для различных оттенков прозрачных смол — 1,27—1,32, а для жидкой стадии — 1,15—1,30); твердость 2,0—$2^1/_2$ по шкале Мооса. Характеристики крезольных кислых формальдегидных смол: показатель преломления 1,57 до 1,65, плотность 1,12—1,20 (жидкая стадия), твердость 2—$2^1/_2$ по шкале Мооса.

Аминовые пластмассы. Плохие цвета формальдегидных смол заставили искать возможность получения более светлых смол при взаимодействии формальдегида с органическими компонентами.

Лучшими из них были признаны мочевина и ее серосодержащий аналог — тиомочевина, а полученный продукт получил название аминовых пластмасс, или аминопластиков.

Реакция мочевины и формальдегидов с аммиаком в качестве катализатора и глицерином в качестве пластификатора привела к образованию сиропа, который после соответствующей обработки превращался в плотное прозрачное вещество, внешне напоминающее стекло, пресс-порошок или листовые материалы, в случаях, когда тиомочевину $CS(NH_2)_2$ заменяли мочевиной.

Стеклоподобная пластмасса в Европе называется «поллопас», а в Америке — «алдур». Она, по-видимому, тускнеет под действием сырости, но ее устойчивость может быть увеличена за счет введения в качестве наполнителя 30—40% целлюлозы; хотя эта пластмасса не прозрачная, а лишь полупрозрачная, с помощью соответствующих красителей она приобретает широкий диапазон цветов. В смеси порошка с древесной массой, используемой в качестве наполнителя, получают материал с большим диапазоном красивых цветов; довольно бледные оттенки дает смешение пресс-порошка с древесной мукой. Показатель преломления аминовых пластмасс изменяется от 1,55 до 1,62, плотность прозрачных разновидностей — от 1,425 до 1,60, твердость 2¼ по шкале Мооса, крошится под ножом.

Эти аминопласты находят широкое применение, включая изготовление столовой посуды, плафонов, шкатулок, предметов туалета, футляров для часов, пробок для бутылок и прессованных пуговиц.

Пластмассы на основе казеина. Казеин является протеинсодержащим сырьем для изготовления пластмасс. Торговые наименования этого пластика — «эриноид», «лактоид», или «галалит». Его физические свойства: показатель преломления 1,55, плотность 1,325—1,345, твердость 2—2¼ по шкале Мооса. В огне эта пластмасса легко обугливается, издавая неприятный запах горящего протеина.

Казеиновые пластмассы могут обрабатываться так же, как слоновая кость или рог. Это наиболее известная из окрашенных пластмасс, она находит широкий спрос как материал для пуговиц, пряжек, ручек ножей, гребней, ручек для зонтов, авторучек и пр.— фактически для изготовления любых изделий, которые не очень боятся влаги.

IV
Таблицы для определения драгоценных камней

Введение

В этой части книги приводятся таблицы физических констант и другие сведения, необходимые для определения драгоценных камней. Следует подчеркнуть, что в случае, когда дело имеют с ограненными камнями, оптические свойства наиболее удобно и быстро определять с помощью рефрактометра. Как было показано ранее, наблюдения, выполняемые на этом приборе, позволяют определить величины наименьшего и наибольшего показателей преломления и, следовательно, величину максимального двупреломления, а также оценить величину дисперсии. Для неограненных камней возможны другие методы определения (по крайней мере приблизительно) показателей преломления. Для получения дополнительных данных удобны также дихроскоп, спектроскоп и фильтр Челси. Полезно даже простое указание на невозможность определить светопреломление на рефрактометре, поскольку это позволяет выделить ряд соответствующих минералов. Если камень не заключен в оправу, можно быстро определить его плотность с помощью тяжелых жидкостей. Хотя это исследование менее надежно, чем определение оптических свойств, но и оно в искусных руках дает в большинстве случаев хорошие результаты. Определение твердости рекомендуется проводить лишь изредка.

а. Химический состав

Самородные элементы

Алмаз	C

Галогениды

Флюорит	CaF_2

Сульфиды

Марказит	FeS_2
Пирит	FeS_2
Цинковая обманка	ZnS

Окислы

Анатаз	TiO_2
Брукит	TiO_2
Гематит	Fe_2O_3
Касситерит	SnO_2
Кварц	SiO_2
Корунд	Al_2O_3
Опал	$SiO_2 + nH_2O$
Периклаз	MgO
Рутил	TiO_2
Таффеит	$MgBeAl_4O_8$
Халцедон	SiO_2
Хризоберилл	$BeAl_2O_4$
Цинкит	ZnO
Шпинель	$MgAl_2O_4$

Карбонаты

Азурит	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$
Кальцит	$CaCO_3$
Малахит	$Cu_2(OH)_2CO_3$
Родохрозит	$MnCO_3$
Смитсонит	$ZnCO_3$
Стихтит	$Mg_6Cr_2(OH)_{16}CO_3 \cdot 4H_2O$

Силикаты

Аксинит	$(Ca, Mn, Fe)_3Al_2BO_3(Si_4O_{12})OH$
Андалузит	Al_2SiO_5
Апофиллит	$KFCa_4(Si_8O_{20}) \cdot 8H_2O$
Бенитоит	$BaTiSi_3O_9$
Берилл	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$
Виллемит	Zn_2SiO_4
Гемиморфит	$Zn_4(OH)Si_2O_7 \cdot H_2O$
Группа гранатов	
Альмандин	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$
Андрадит	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$
Гроссуляр	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
Пироп	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$
Спессартин	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$
Уваровит	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$
Данбурит	$CaB_2(SiO_4)_2$
Датолит	$CaBSiO_4(OH)$
Диопсид	$CaMg(SiO_3)_2$
Диоптаз	H_2CuSiO_4
Дюмортьерит	Сложный алюминиевый боросиликат
Жадеит	$NaAl(SiO_3)_2$
Идократ (везувиан)	Сложный кальциевый алюмосиликат с примесью магния и железа
Кианит	Al_2SiO_5
Кордиерит	$(Mg, Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$
Корнерупин	$MgAl_2SiO_6$

Нефрит	$Ca_2(Mg, Fe)_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
Оливин	$(Mg, Fe)_2SiO_4$
Группа полевых шпатов	
Альбит	$NaAlSi_3O_8$
Анортит	$CaAl_2Si_2O_8$
Микроклин	$KAlSi_3O_8$
Ортоклаз	$KAlSi_3O_8$
Поллуцит	$H_2Cs_4Al_4(SiO_3)_9$
Пренит	$H_2Ca_2Al_2(SiO_4)_3$
Псевдофит	$Mg_5(OH)_6Al_2Si_3O_{11}\cdot H_2O$
Пумпеллиит	$Ca_4(Al, Fe, Mg)_6Si_6O_{23}(OH)_3\cdot 2H_2O$
Родонит	$MnSiO_3$
Сепиолит (морская пенка)	$H_4Mg_2Si_3O_{10}$
Группа скаполита	
Мариалит	$Na_4Cl(Al_3Si_9O_{24})$
Мейонит	$Ca_6(SO_4, CO_3)(Al_6Si_6O_{24})$
Серпентин	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Сингалит	$Mg(Al, Fe)BO_4$
Группа содалита	
Гаюин	$(Na, Ca)_{4-8}[Al_6Si_6O_{24}](SO_4, S)_{1-2}$
Нозеан	$Na_8[Al_6Si_6O_{24}]SO_4$
Содалит	$Na_8[Al_6Si_6O_{24}]Cl_2$
Сподумен	$LiAl(SiO_3)_2$
Ставролит	$(Fe, Mg)_2(Al, Fe)_9O_6[SiO_4]_4(O, OH)_2$
Стеатит	$Mg_6Si_8O_{20}(OH)_4$
Сфен	$CaTiSiO_5$
Томсонит	$NaCa_2[(Al, Si)_5O_{10}]_2\cdot 6H_2O$
Топаз	$Al_2(F, OH)_2SiO_4$
Тугтупит	$Na_8Al_2Be_2Si_8O_{24}(Cl, S)_2$
Турмалин	Сложный боросиликат $NaR_3Al_6B_3Si_6O_{27}(OH)_4$
Фенакит	Be_2SiO_4
Фибролит	Al_2SiO_5
Хлорастролит	См. Пумпеллиит
Хризоколла	$CuSiO_3+nH_3O$
Циркон	$ZrSiO_4$
Цоизит	$Ca_2Al\cdot Al_2O\cdot OH[Si_2O_7][SiO_4]$
Эвклаз	$Be(Al, OH)SiO_4$
Эканит	$(Th, U)(Ca, F, Pb)_2Si_8O_{20}$
Энстатит	$(Mg, Fe)SiO_3$
Эпидот	$Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$

Фосфаты, бораты, сульфаты

Амблигонит	$LiAl(F, OH)PO_4$
Апатит	$Ca_4(CaF)(PO_4)_3$
Бериллонит	$NaBePO_4$
Бирюза	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8\cdot 5H_2O$
Бразилианит	$NaAl_3(OH)_4(PO_4)_2$
Вардит	$Na_4CaAl_{12}(PO_4)_8(OH)_{18}\cdot 6H_2O$
Варисцит	$AlPO_4\cdot 2H_2O$
Гамбергит	$Be_2(OH)BO_3$
Гипс	$CaSO_4\cdot 2H_2O$
Лазулит	$FeAl_2(OH)_2(PO_4)_2$
Родицит	$KAl_2B_3O_8$
Сингалит	$MgAlBO_4$

б. Сингония

Кубическая

Алмаз, гаюин, гранат, нозеан, пирит, поллуцит, родицит, содалит, цинковая обманка, флюорит.

Тетрагональная

Анатаз, апофиллит, вардит, идокраз, касситерит, рутил, скаполит, тугтупит, циркон (иногда метамиктный), эканит (метамиктный, пока не подвергнут термической обработке).

Гексагональная

Апатит, берилл, бенитоит (морфологически тригональный), пейнит, таффеит, цинкит.

Тригональная

Виллемит, гематит, диоптаз, кальцит, кварц, корунд, родохрозит, смитсонит, стихтит, турмалин, фенакит.

Ромбическая

Андалузит, брукит, гамбергит, гемиморфит, данбурит, дюмортьерит, кордиерит, корнерупин, марказит, оливин, пренит, сингалит, ставролит, томсонит, топаз, фибролит, хризоберилл, цоизит, энстатит.

Моноклинная

Азурит, бериллонит, бразилианит, гипс, датолит, диопсид, жадеит, малахит, нефрит, ортоклаз, сфен, эвклаз, эпидот.

Триклинная

Амблигонит, кианит, микроклин, плагиоклаз, родонит.

Мелкокристаллические агрегаты

Азурит, бирюза, вардит, варисцит, дюмортьерит, жадеит, жемчуг, кораллы, лазулит, лянис-лазурь, малахит, нефрит, родонит, сепиолит (морская пенка), серпентин, содалит, стеатит, халцедон, хлорастролит, хризоколла.

Аморфные

Гагат, кварцевое стекло, обсидиан, опал, тектит, циркон (метамиктный), эканит (метамиктный).

в. Цвет

Градации цвета драгоценных камней не могут быть вполне определенными, и поэтому приводимые ниже подразделения весьма общие и в каждом случае возможно большое разнообразие окрасок. Даже в первом из этих подразделений редко отсутствует какой-либо слабый оттенок. К категории желтых камней отнесены и оранжевые камни. К категории зеленых камней — желтоватые и зеленоватые камни. В группу фиолетовых камней входят также лиловые и пурпурные камни, а к коричневым относятся желтоватые и красноватые камни.

1. Прозрачные и просвечивающие

Бесцветные и белые

Алмаз, апатит, берилл (редко), бериллонит, гамбергит, данбурит, датолит, касситерит (редко), кварц, корнерупин, корунд, опал (редко), полевой шпат (лунный камень), поллуцит, скаполит, сподумен, топаз, турмалин (ахроит, редко), фенакит, флюорит (редко), хризоберилл (редко), циркон (термически обработанный), шпинель (обычно синтетическая).

Желтые

Аксинит, алмаз (также облученный), амблигонит, апатит, берилл, берриллонит, брукит, виллемит, гранат (андрадит, гроссуляр, спессартин), данбурит, датолит, идокраз, касситерит, кварц (кернгорм, цитрин), кварцевое стекло, корунд, обсидиан, полевой шпат (ортоклаз), родицит, рутил (синтетический), скаполит, сподумен, сфен, топаз, турмалин, фенакит, хризоберилл, цинковая обманка, янтарь.

Красные

Алмаз (редко), гранат (альмандин, пироп, спессартин), корунд (рубин), опал (огненный опал), цинкит, циркон, шпинель.

Розовые

Берилл (морганит), кварц (розовый кварц), корунд, скаполит, сподумен (кунцит), топаз (термически обработанный), турмалин (рубеллит).

Зеленые

Алмаз (редко природный, а также облученный), андалузит, апатит, берилл (аквамарин, изумруд), гранат (андрадит, гроссуляр, уваровит), датолит, диоптаз, идокраз, кварц (празем, термически обработанный аметист), корнерупин, корунд, оливин, пренит, родицит, сподумен (гидденит), сфен, тектит, турмалин, фибролит, флюорит, хризоберилл (включая александрит), циркон, шпинель, эвклаз, эканит, энстатит, эпидот.

Синие

Аксинит (редко), алмаз (редко природный, а также облученный), апатит, бенитоит, берилл, кианит, кордиерит, корунд (сапфир), топаз, турмалин, фибролит, циркон (термически обработанный), цоизит, шпинель, эвклаз.

Фиолетовые

Апатит, кварц (аметист), корунд, скаполит, сподумен (кунцит), таффеит, флюорит, шпинель.

Коричневые

Аксинит, алмаз (также облученный), анатаз, андалузит, гранат (гроссуляр), идокраз, касситерит, кварц (дымчатый кварц), рутил, сингалит, сфен, турмалин, хризоберилл, цинковая обманка, циркон, янтарь.

2. *Полупрозрачные и непрозрачные*

Белые

Гипс (алебастр), жадеит, жемчуг, кальцит (мрамор), опал, сепиолит, стеатит, халцедон.

Желтые (с металлическим блеском)

Марказит, пирит.

Красные

Коралл, тугтупит, халцедон (гелиотроп, карнеол, яшма).

Розовые

Апофиллит, гранат (массивный гроссуляр), жемчуг, коралл, родицит, родонит, родохрозит, стихтит, цоизит (тулит).

Зеленые

Бирюза, вардит, варисцит, гемиморфит, гранат (массивный гроссуляр), жад (жадеит, нефрит), идокраз (калифорнит), кварцит (авантюрин), малахит, псевдофит, серпентин, смитсонит, халцедон (плазма, празем, хризопраз), хлорастролит.

Синие

Азурит, бирюза, виолан, дюмортьерит, лазулит, ляпис-лазурь, содалит, флюорит («блу джон»), хризоколла.

Коричневые

Ставролит, халцедон.

Черные

Алмаз, гагат, гематит, касситерит, оникс, турмалин, цинковая обманка, шпинель.

г. Показатель преломления

В нижеследующей таблице драгоценные камни расположены в порядке увеличения их светопреломления. Если приводится лишь одна величина показателя преломления — минерал изотропен, т. е. он может быть либо кристаллическим веществом кубической сингонии, либо аморфным веществом (стеклом). Если приводятся две величины показателей преломления, значит, минерал обладает двупреломлением. В случае оптически одноосных минералов это соответственно показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, причем какой из них больше, а какой меньше — зависит от оптического знака кристалла. В случае оптически двуосных минералов — это наименьший и наибольший показатели преломления. Приведенные величины являются стандартными показателями преломления, соответствующими желтому цвету натрового пламени (5893 Å), а цифры в скобках показывают возможные отклонения. Обычно нормальное значение показателя преломления совпадает со средним арифметическим крайних значений, но иногда, например для шпинели, оно заметно отличается от него, и поэтому в таких случаях приводятся два ряда цифр, характеризующих отклонение от нормального значения. Для флюорита, кварца и кальцита не отмечается вариаций, и приводимые величины точны вплоть до третьего десятичного знака. Если вариации не указаны, то значения должны рассматриваться лишь как приблизительные с точностью до второго или третьего десятичного знака. В каждом случае приводятся значения, характеризующие лишь ювелирный материал. Турмалин, например, может иметь значительно большие показатели преломления, чем те, которые приведены, но при этом он непрозрачен и непригоден для ювелирных целей. Для скрытокристаллических веществ удается определить лишь средний показатель преломления, который соответствует тени на рефрактометре, остающейся неподвижной при любом положении. Наибольший показатель преломления бирюзы, например, редко удается измерить.

д. Дисперсия

Флюорит		1,434 (±0,000)	
Опал		1,454 (±0,010)	
Кварцевое стекло		1,462	
Содалит		1,485 (±0,002)	
Нозеан		1,495	
Обсидиан		1,495 (±0,015)	
Гаюин		1,5000 (±0,004)	
Тугтупит	1,496		1,502
Сепиолит		1,52	
Поллуцит		1,521 (±0,004)	
Гипс	1,520		1,530

Продолжение

Томсонит	1,520 (±0,010)		1,531 (±0,015)
Стихтит	1,517 (±0,001)		1,543 (±0,001)
Полевой шпат (ортоклаз)	1,522 (±0,004)		1,530 (±0,004)
Полевой шпат (альбит)	1,525		1,538
Апофиллит	1,535		1,537
Халцедон		1,536 (±0,003)	
Кордиерит	1,536 (±0,004)		1,544 (±0,004)
Янтарь		1,542 (±0,003)	
Полевой шпат (олигоклаз)	1,538		1,547
Кварц	1,544 (±0,000)		1,553 (±0,000)
Скаполит (мариалит)	1,545		1,555
Бериллонит	1,553		1,565
Скаполит (мейонит)	1,555		1,577
Полевой шпат (лабрадор)	1,558		1,567
Тальк	1,540		1,590
Варисцит	1,56 (±0,01)		1,57 (±0,01)
Берилл	1,575 (±0,015)		1,582 (±0,017)
Гамбергит	1,556 (±0,003)		1,628 (±0,003)
Вардит	1,590		1,599
Эканит		1,597	
Амблигонит	1,589 (±0,017)		1,612 (±0,023)
Одонтолит		1,60 (±0,03)	
Бразилианит	1,598		1,617
Кальцит	1,486 (±000)		1,658 (±0,000)
Пренит	1,615		1,645
Лазулит	1,61		1,64
Бирюза	1,61		1,65
Гемиморфит	1,614		1,636
Арагонит	1,530		1,685
Данбурит	1,630 (±0,003)		1,636 (±0,003)
Топаз	1,630 (—0,022, +0,002)		1,638 (—0,022, +0,002)
Турмалин	1,622 (—0,002, +0,006)		1,640 (±0,005)
Андалузит	1,634 (±0,007)		1,644 (0,004)
Апатит	1,637 (±0,005)		1,640 (±0,006)
Датолит	1,625		1,669
Фенакит	1,654		1,670
Жадеит	1,654		1,667
Эвклаз	1,658		1,677
Фибролит	1,658		1,677
Сподумен	1,660 (±0,006)		1,675 (±0,006)
Диоптаз	1,651 (±0,007)		1,703 (±0,006)
Энстатит	1,665		1,674
Корнерупин	1,667 (±0,002)		1,680 (±0,002)
Оливин	1,658 (±0,013)		1,696 (±0,013)
Дюмортьерит	1,678		1,689
Аксинит	1,679 (±0,005)		1,690 (±0,006)
Родицит		1,69	
Спингалит	1,670 (±0,005)		1,709 (±0,004)

Продолжение

Диопсид	1,686 (±0,015)		1,712 (±0,015)
Виллемит	1,691		1,719
Цоизит	1,692		1,700
Цоизит (тулит)	1,700		1,706
Идократ	1,708 (±0,008)		1,716 (±0,004)
Шпинель		1,717 (—0,002, +0,030)	
Таффеит	1,718 (±0,001)		1,722 (±0,001)
Кианит	1,712		1,728
Шпинель (синтетическая)		1,727	
Родонит	1,733		1,744
Ставролит	1,743 (±0,004)		1,756 (±0,004)
Гранат (гроссуляр)		1,744 (±0,004)	
Гранат (пироп)		1,747 (±0,004)	
Родохрозит	1,601 (±0,004)		1,821 (±0,004)
Хризоберилл	1,745 (±0,004)		1,754 (±0,005)
Эпидот	1,733		1,768
Корунд	1,765 (±0,005)		1,773 (±0,005)
Смитсонит	1,621		1,849
Бенитоит	1,757		1,804
Азурит	1,730		1,838
Гранат (альмандин)		1,781 (±0,030)	
Пейнит	1,787		1,816
Гранат (спессартин)		1,80 (±0,01)	
Малахит	1,66		1,91
Циркон (метамиктный)		1,81 (±0,03)	
Гранат (уваровит)		1,87	
Гранат (андрадит)		1,888	
Сфен	1,9000 (±0,015)		2,020 (±0,030)
Циркон (нормальный)	1,928 (±0,004)		1,987 (±0,004)
Касситерит	1,997		2,093
Цинкит	2,013		2,029
Цинковая обманка		2,369 (±0,001)	
Титанат стронция		2,410 (±0,001)	
Алмаз		2,419 (±0,002)	
Анатаз	2,439		2,554
Брукит	2,583		2,741
Рутил	2,616		2,903

Под символами B — G, C — F в нижеследующей таблице приводится разность показателей преломления, соответствующих длинам волн для двух пар линий солнечного спектра: B (6870 Å) и G (4308 Å); C (6563 Å) и F (4861 Å). Первый интервал охватывает почти весь видимый спектр и поэтому приводится чаще. Второй обычно приводится при характеристике оптических стекол. Для одноосных драгоценных камней цифры относятся к показателю преломления обыкновенного луча, для двуосных — к среднему показателю преломления β.

	B — G	*C — F*
Флюорит	0,007	0,004
Кварцевое стекло	0,010	0,006
Бериллонит	0,010	0,006
Полевой шпат (ортоклаз)	0,012	0,007
Поллуцит	0,012	0,007
Кварц	0,013	0,008
Бразилианит	0,014	—
Берилл	0,014	0,008
Топаз	0,014	0,008
Гамбергит	0,015	0,009
Фенакит	0,015	0,009
Хризоберилл	0,015	0,009
Фибролит	0,015	0,009
Эвклаз	0,016	0,010
Данбурит	0,016	0,010
Датолит	0,016	0,010
Скаполит	0,017	0,010
Турмалин	0,017	0,010
Сподумен	0,017	0,010
Корунд	0,018	0,010
Корнерупин	0,019	0,010
Идократ	0,019	0,010
Кианит	0,020	0,011
Оливин	0,020	0,011
Шпинель	0,020	0,011
Диоптаз	0,022	0,013
Гранат (альмандин)	0,024	0,014
Гранат (пироп, спессартин)	0,027	0,015
Гранат (гроссуляр)	0,028	0,016
Эпидот	0,030	0,017
Циркон	0,039	0,023
Алмаз	0,044	0,025
Бенитоит	0,046	0,025
Сфен	0,051	0,029
Гранат (андрадит)	0,057	0,032
Касситерит	0,071	0,041
Цинковая обманка	0,156	0,099
Титанат стронция	0,19	—
Рутил	0,28	—

е. Оптический характер

1. Изотропные

Кристаллы

Алмаз, гаюин, гранат, нозеан, поллуцит, родицит, содалит, титанат стронция, флюорит, цинковая обманка, шпинель.

Аморфные вещества

Кварцевое стекло, обсидиан, опал, тектит, циркон (метамиктный), эканит, янтарь.

2. Двупреломляющие

Одноосные, положительные

Апофиллит	0,002	Бенитоит	0,047
Тугтупит	0,006	Диоптаз	0,052
Кварц	0,009	Циркон (нормальный)	0,059
Вардит	0,009	Касситерит	0,096
Фенакит	0,016	Рутил	0,287
Виллемит	0,020		

Кварц вращает плоскость поляризации.

Одноосные, отрицательные

Апофиллит	0,002	Скаполит	0,021
Апатит	0,003	Стихтит	0,026
Таффеит	0,004	Пейнит	0,029
Берилл	0,007	Анатаз	0,061
Идокраз	0,008	Кальцит	0,172
Корунд	0,008	Родохрозит	0,220
Цинкит	0,016	Смитсонит	0,228
Турмалин	0,018		

Апофиллит может быть как положительным, так и отрицательным.

Двуосные, положительные

Топаз	0,008	Бразилианит	0,019
Хризоберилл	0,009	Гемиморфит	0,022
Энстатит	0,009	Амблигонит	0,026
Гипс	0,010	Диопсид	0,026
Полевой шпат (альбит)	0,011	Пренит	0,030
Родонит	0,011	Оливин	0,038
Хлорастролит	0,015	Гамбергит	0,072
Сподумен	0,015	Азурит	0,108
Эвклаз	0,019	Сфен	0,120
Фибролит	0,019	Брукит	0,158

Двуосные, отрицательные

Данбурит	0,006	Корнерупин	0,013
Полевой шпат (ортоклаз)	0,008	Кианит	0,016
Кордиерит	0,008	Амблигонит	0,030
Андалузит	0,010	Эпидот	0,035
Родонит	0,011	Сингалит	0,037
Аксинит	0,011	Датолит	0,044
Бериллонит	0,012	Арагонит	0,155
Полевой шпат (анортит)	0,012	Малахит	0,254

Родонит и амблигонит могут быть как положительными, так и отрицательными. Железистые члены ряда оливина — отрицательные. Оптический знак плагиоклазов меняется.

ж. Спектры поглощения

Здесь приводятся данные лишь для драгоценных камней, обладающих характерными спектрами поглощения; отмечены только самые сильные полосы. Более полную информацию можно найти в тексте. Длины волн даны в ангстремах.

Фраунгоферовы линии	Циркон	Альмандин	Пироп	Рубин	Красная шпинель	Александрит	
						зеленый	лиловый
G 4308	4325			4685			
				4750			
F 4861	4840			4765	4900		
		5050					
E 5270	5375	5270	5200	5200			5400
	5625					5550	
D 5893	5895	5760		5950	5950		6050
			6200			6400	
C 6563	6525						
	6625						
B 6870	6910			6928	6840	6795	6774
				6942	6855		

з. Плотность (удельный вес)

В нижеприведенной таблице драгоценные камни расположены в порядке возрастания их плотности (удельного веса). В каждом случае приводится величина плотности, которую обычно можно ожидать для различных видов драгоценных минералов. Чаще всего эта величина совпадает со средним арифметическим значением плотности, и в таком случае возможные вариации указаны одним числом в скобках. Однако, если обычное значение плотности отличается от среднего арифметического, в скобках приводятся два числа, характеризующие отклонение от обычного значения. Так, в случае шпинели обычное значение плотности равно 3,60, но возможные пределы значений простираются от 3,58 до 3,98. Значения плотности кварца и кальцита являются постоянными с точностью до второго десятичного знака. Если вариации не указаны, приведенные значения плотности должны рассматриваться лишь как приблизительные.

Следует иметь в виду, что плотность жидкостей в значительно большей мере зависит от колебаний температуры, чем плотность драгоценных камней, и если требуется точное определение плотности последних, то необходимо следить за тем, чтобы температура используемой жидкости не слишком отличалась от комнатной. При использовании метода тяжелых жидкостей эту трудность можно устранить, применяя индикаторы с известной плотностью.

Янтарь	1,07 (±0,02)
Черепаховый панцирь	1,30 (±0,004)
Гагат	1,32 (±0,02)
Сепиолит	2,00
Дарвинское стекло	2,07 (±0,22)
Опал	2,10
Хризоколла	2,10 (±0,10)
Стихтит	2,18 (±0,03)
Кварцевое стекло	2,21
Содалит	2,30 (±0,03)
Гипс	2,32
Гамбергит	2,35
Томсонит	2,35
Нозеан	2,35 (±0,05)
Тугтупит	2,36
Обсидиан	2,40 (±0,07)
Апофиллит	2,40 (±0,10)
Гаюин	2,47 (±0,03)
Серпентин	2,55 (±0,05)
Ортоклаз	2,56 (±0,01)
Варисцит	2,56 (±0,04)
Кордиерит	2,59
	(—0,01, +0,07)
Халцедон	2,61 (±0,03)
Альбит	2,62
Кварц	2,65 (±0,00)
Коралл	2,65 (±0,05)
Олигоклаз	2,65
Скаполит	2,67 (±0,04)
Лабрадор	2,69
Бовенит	2,69 (±0,1)
Берилл	2,70
	(—0,05, +0,15)
Кальцит	2,71 (±0,00)
Жемчуг	2,71
	(—0,03, +0,18)
Тальк	2,75
Псевдофит	2,76
Бирюза	2,80
	(—0,20, +0,05)
Лапис-лазурь	2,80 (±0,10)
Вардит	2,81
Бериллонит	2,81 (±0,02)
Пренит	2,87 (±0,007)
Поллуцит	2,92 (±0,02)
Бразилианит	2,94
Арагонит	2,94 (±0,01)
Датолит	2,95 (±0,05)
Фенакит	2,96 (±0,01)
Нефрит	2,96 (±0,06)
Данбурит	3,00 (±0,01)
Амблигонит	3,02 (±0,01)
Турмалин	3,06 (±0,06)
Эвклаз	3,10
Лазулит	3,1
Одонтолит	3,1 (±0,1)
Цоизит (тулит)	3,12
Андалузит	3,15 (±0,03)
Флюорит	3,18 (±0,00)
Сподумен	3,18
	(—0,01, +0,05)
Апатит	3,20 (±0,03)
Хлорастролит	3,2
Виолан	3,23
Фибролит	3,25
Энстатит	3,27 (±0,01)
Аксинит	3,28 (±0,01)
Эканит	3,28
Диопсид	3,29 (±0,02)
Корнерупин	3,31 (±0,03)
Диоптаз	3,31 (±0,04)
Дюмортьерит	3,31 (±0,05)
Жадеит	3,33 (±0,03)
Оливин	3,34
	(—0,02, +0,16)
Цоизит	3,35
Эпидот	3,40 (±0,10)
Родицит	3,40
Идократ	3,40 (±0,05)
Гемиморфит	3,45 (±0,05)
Сингалит	3,49 (±0,02)
Алмаз	3,52 (±0,01)
Сфен	3,53 (±0,01)
Родонит	3,53 (±0,13)
Топаз	3,54 (±0,04)
Шпинель	3,60
	(—0,02, +0,38)
Таффеит	3,61
Кианит	3,67 (±0,02)
Бенитоит	3,67 (±0,02)
Ставролит	3,70 (±0,05)
Гроссуляр	3,70 (±0,10)
Родохрозит	3,70
	(—0,24, +0,10)
Хризоберилл	3,71 (±0,01)
Пироп	3,75 (±0,07)
Уваровит	3,77
Малахит	3,80 (±0,10)
Азурит	3,83 (±0,06)
Андрадит	3,84 (±0,02)
Анатаз	3,88 (±0,06)
Брукит	3,94 (±0,07)
Корунд	4,00 (±0,01)
Пейнит	4,01
Циркон (метамиктный)	4,02 (±0,08)
Виллемит	4,03 (±0,14)
Альмандин	4,05 (±0,15)
Цинковая обманка	4,09 (±0,01)
Спессартин	4,16 (±0,04)

Продолжение

Рутил	4,21 (±0,03)	Гематит	5,05 (±0,10)
Смитсонит	4,37 (±0,07)	Титанат стронция	5,13 (±0,01)
Циркон (нормальный)	4,68 (±0,03)	Цинкит	5,68
Железный колчедан	4,93 (±0,09)	Касситерит	6,90 (±0,10)

и. Твердость

Следует подчеркнуть, что приводимые ниже численные характеристики твердости указывают лишь последовательность возрастания твердости различных минералов и не имеют какого-либо другого смысла. Из-за опасения повредить ограненный камень испытание твердости следует проводить с большой осторожностью. Так, например, известный минерал следует царапать пояском ограненного камня и не пытаться царапать сам камень. Ноготь имеет твердость около $2^1/_2$ и царапает гипс. Вещества с твердостью менее 2 на ощупь жирные. Оконное стекло имеет твердость 5½, а твердость стального ножа 6½. Закаленный напильник имеет твердость около $6^3/_4$ и поэтому легко царапает стекло, особенно мягкие его сорта.

1	Тальк
1½	Стихтит
2	Гипс, сепиолит, хризоколла (2—4)
2½	Псевдофит, серпентин (2½—4), слоновая кость, черепаховый панцирь, янтарь
3	Кальцит, гагат
3½	Арагонит, азурит, цинковая обманка, жемчуг (2½—3½), коралл
4	Кианит (4—6), малахит, родохрозит, флюорит, цинкит
4½	Апофиллит
5	Апатит, бериллонит, бовенит, варисцит, вардит, гемиморфит, датолит, диопсид, диоптаз, лазулит, обсидиан, одонтолит, смитсонит, сфен
5½	Анатаз, бразилианит, брукит, виллемит, гаюин, молдавит, нозеан, опал (5½—6½), родонит (5½—6½), томсонит, хлорастролит, энстатит
6	Амблигонит, бирюза, виолан, кремневое стекло, ляпис-лазурь, пренит, рутил, скаполит, содалит, титанат стронция, циркон (метамиктный), цоизит
6½	Бенитоит, гематит, гранат (андрадит), идокраз, касситерит, корнерупин, нефрит, оливин, поллуцит, пирит, сингалит, эканит, эпидот
7	Данбурит, дюмортьерит, жадеит, кварц, кордиерит, сподумен, ставролит, турмалин, халцедон
$7^1/_4$	Гранат (гроссуляр, пироп, спессартин), циркон (нормальный)
7½	Андалузит, берилл, гамбергит, гранат (альмандин, уваровит), пейнит, фенакит, фибролит, эвклаз
8	Родицит, таффеит, топаз, шпинель
8½	Хризоберилл
9	Корунд
10	Алмаз

к. Спайность и отдельность

1. Спайность

(1) Октаэдрическая
Алмаз, флюорит
(2) Додекаэдрическая
Гаюин, нозеан, содалит, цинковая обманка
(3) Ромбоэдрическая
Диоптаз, кальцит, родохрозит, смитсонит
(4) Базальная
Апофиллит, вардит, виллемит, топаз, цинкит
(5) Пинакоидальная
Амблигонит, бериллонит, бразилианит, гамбергит, гипс, кианит, кордиерит, оливин, полевой шпат, фибролит, цоизит, эвклаз, эпидот
(6) Призматическая
Гемиморфит, диопсид, жадеит, корнерупин, нефрит, родонит, скаполит, сподумен, сфен, энстатит

Число плоскостей спайности:
(1) — четыре, (2) — шесть, (3) — три, (4) — одна.

2. Отдельность

(1) Базальная
Корунд
(2) Пинакоидальная
Диопсид, энстатит
(3) Пирамидальная
Сфен

л. Вспомогательные таблицы

1. Соотношение между показателем преломления и плотностью

Жидкость Клеричи — вода

Показатель преломления	Плотность	Показатель преломления	Плотность
1,670	4,023	1,580	3,263
1,660	3,939	1,570	3,178
1,650	3,854	1,560	3,093
1,640	3,770	1,550	3,008
1,630	3,685	1,540	2,923
1,620	3,601	1,530	2,838
1,610	3,517	1,520	2,753
1,600	3,432	1,510	2,669
1,590	3,348	1,500	2,584

Иодистый метилен — бензол

Показатель преломления	Плотность	Показатель преломления	Плотность
1,740	3,304	1,670	2,601
1,730	3,205	1,660	2,502
1,720	3,106	1,650	2,403
1,710	3,007	1,640	2,304
1,700	2,908	1,630	2,205
1,690	2,809	1,620	2,106
1,680	2,710	1,610	2,007

2. Зависимость плотности от температуры для воды и толуола

Температура		Вода	Толуол
по Цельсию	по Фаренгейту		
14	57,2	0,9993	0,871
15	59,0	0,9991	0,870
16	60,8	0,9990	0,870
17	62,6	0,9988	0,869
18	64,4	0,9986	0,868
19	66,2	0,9984	0,867
20	68,0	0,9982	0,866
21	69,8	0,9980	0,866
22	71,6	0,9978	0,865
23	73,4	0,9976	0,864

Толуол C_7H_8 — бесцветная подвижная жидкость с точкой кипения 111°С при давлении 760 мм ртутного столба. Плотность товарного толуола несколько варьирует.

3. Длины волн в ангстремах: фраунгоферовы линии, пламя или вольтова дуга

A (O)	7606		
B (O)	6870	Ртуть	6907
C (H)	6563	Литий	6708
D_1 (Na)	5896	Кадмий	6438
D_2 (Na)	5890	Ртуть	6234
E (Fe)	5270	Натрий	5896
b_1 (Mg)	5184		5890
b_2 (Mg)	5173		5791
b_4 (Mg, Fe)	5168	Ртуть	5770
F (H)	4861		5461
G_1 (H)	4341	Таллий	5350
G_2 (Ca, Fe)	4308	Ртуть	4960
g (Ca)	4227		4916
h (H)	4102	Стронций	4607
H (Ca)	3969	Ртуть	4358
K (Ca)	3934		4047

4. Перевод английских мер длины и веса в метрические единицы

Дюймы	Миллиметры	Футы	Сантиметры
1	25	1	30,5
2	51	2	61,0
3	76	3	91,4
4	102	4	122,0
5	127	5	152,4
6	152	6	182,9
7	178	7	213,4
8	203	8	243,8
9	229	9	274,3
10	254	10	304,8
11	279	11	335,3
12	305	12	365,8
Ярды	**Метры**	**Мили**	**Километры**
1	0,91	1	1,61
2	1,83	2	3,22
3	2,74	3	4,83
4	3,66	4	6,44
5	4,57	5	8,05
6	5,49	6	9,66
7	6,40	7	11,27
8	7,31	8	12,87
9	8,23	9	14,48
Унции	**Граммы**	**Фунты**	**Килограммы**
1	28,4	1	0,45
2	56,7	2	0,91
3	85,1	3	1,36
4	116,5	4	1,81
5	141,9	5	2,27
6	170,2	6	2,72
7	198,6	7	3,17
8	227,0	8	3,63
9	255,4	9	4,08

м. Камни, связанные со временем (месяцем) рождения

Связь определенных камней с месяцем рождения основывалась первоначально на их цвете, и минералы, используемые в качестве «своих камней», время от времени менялись. Приводимый список рекомендован Национальной ассоциацией ювелиров Великобритании.

Месяц	Цвет	Драгоценный камень
Январь	Темно-красный	Гранат
Февраль	Фиолетовый	Аметист
Март	Бледно-голубой	Аквамарин (или гелиотроп)
Апрель	Бесцветный	Алмаз (или горный хрусталь)
Май	Ярко-зеленый	Изумруд (или хризопраз)
Июнь	Кремовый	Жемчуг (или лунный камень)
Июль	Красный	Рубин (или карнеол)
Август	Бледно-зеленый	Хризолит (или сардоникс)
Сентябрь	Темно-синий	Сапфир (или ляпис-лазурь)
Октябрь	Разноцветный	Опал
Ноябрь	Желтый	Топаз
Декабрь	Небесно-голубой	Бирюза

Список литературы

В каждом из разделов работы расположены в хронологическом порядке, определяемом (за исключением списка ранних работ) датой публикации наиболее позднего издания. Даты первого опубликования также приводятся, если они известны. Даты опубликования промежуточных изданий не указываются.

Названия разделов определяют тематику приводимых в них работ, однако некоторые работы по своему содержанию выходят за рамки тематики разделов, к которым они отнесены. Например, многие общие работы, перечисленные в разделе 2, содержат полезные сведения по определению минералов. В них часто приводятся также ценные сведения о методах огранки и шлифования драгоценных камней. Данный список литературы можно рассматривать как достаточно полный, но не исчерпывающий. В него не включены работы общего характера и статьи, появлявшиеся в периодических изданиях. Надеемся, что принятый порядок расположения ссылок будет полезен при пользовании библиографией по драгоценным камням.

1. Ранние работы

Leonardus, Camillus. Speculum lapidum. Venetiis [Venice]. 1502. [English Translation.] The mirror of stones. London. 1750.

Marbodus. Marbodei Galli poetae vetustissimi de lapidibus pretiosis enchiridion, cum scholiis pictorii villingensis. Friburgi [Freiburg]. 1531.

Ibid. Wolffenbuttelae [Wolfenbüttel]. 1740.

Rueus, Franciscus. De gemmis aliquot libri duo. Parisiis [Paris]. 1547.

Bacci, Andrea. De gemmis et lapidibus pretiosis eorumq; viribus et usu tractatus. Francofurti [Frankfurt]. 1603.

Boodt, Anselm Boethius de. Gemmarum et lapidum historia. Hanoviae [Hanau]. 1609. [Third edition.] Lugduni Batavorum. 1647.

Dolce, Lodovico. Trattato delle gemme che produce la natura. Venetia [Venice]. 1617.

Boodt, Anselm Boethius de. Le parfaict joaillier, ou histoire des pierreries... enrichi de belles annotations... par *A. Toll.* [Translated from the Latin by *J. Bachou.*] Lyon [Lyons]. 1644.

Nicols, Thomas. A lapidary; or, the history of precious stones. Cambridge. 1652.

Chapuzeau, Le Sr. Histoire des Joyaux et des principales richesses de l'Orient et de l'Occident. Geneva. 1665.

Klobius, Justus Fidus. Aabrae historiam... exhibet J. F. Klobius. Wittenbergae [Wittenberg]. 1666.

Steno, Nicolaus. The prodromus to a dissertation concerning solids naturally contained within solids. [English translation by H. O.] London. 1671.

C. [Translation from the French.] The history of jewels, and of the principal riches of the east and west. Taken from the relation of divers of the most famous travellers of our age. London. 1671.

Boyle, Robert. An essay about the origine and virtues of gems. London. 1672.

Nicols, Thomas. Edelgestein-Büchlein oder Beschreibung der Edelgesteine. Hamburg. 1675.

Tavernier, J.-B. Les six Voyages de Jean-Baptiste Tavernier... Paris. 1676, 1682. [Travels in India by Jean-Baptiste Tavernier. Translated from the original French edition of 1676 by V. Ball. 2 vols. London and New York. 1889. 2nd edition by W. Crooke, 1925.]

Theophrastus. History of stones. With an English version, and notes, including the modern history of gems. By J. Hill. London. 1746. (Second edition. 1774.)

Roxo, Juan Bernardino. Theurgia general, y especifica de las graves calcedades de las mas preciosas piedras del universo. Madrid. 1747.

Jeffries, David. A treatise on diamonds and pearls. London. 1750. (Fourth edition. 1871.)

Brückmann, U. F. B. Abhandlung von Edelsteinen. Braunschweig. 1757. [Second edition]. 1773.

Baumers, Johann Wilhelm. Naturgeschichte aller Edelsteine wie auch der Erden und Steine. Wien [Vienna]. 1774.

Brückmann, U. F. B. Beyträge zu seiner Abhandlung von Edelsteinen. Braunshweig. 1778.

Fontanieu, P. E. L'art de faire les cristaux colorés imitans les pierres précieuses. Paris. 1778.
The art of making coloured crystals to imitate precious stones. [Translated from the French of Fontainieu, by *W. Drew.*] London. 1787.

Achard, Franz Carl. Bestimmung der Bestandtheile einiger Edelgesteine. Berlin. 1779.

Dutens, L. Abhandlung von den Edelsteinen. Nürnberg. 1779.

Dutens, L. Des pierres précieuses et des pierres fines. Florence. 1783.

Gourjon M. The Indian connoisseur; or, the nature of precious stones. London. 1785.

Naldi, Pio. Delle gemme e delle regole per valutarle. Bologna. 1791.

Marbodus. Liber lapidum seu de gemmis varietate lectionis et perpetua annotatione illustratus a J. Beckmanno. Göttingae [Göttingen]. 1799.

Koehler, H. K. E. Antwort auf die Einwürfe gegen die Untersuchung über den Sard, den Onyx, und den Sardonyx der Alten. Leipzig. 1802.

Brückmann, U. F. B. Nachtrag über den Sarder, Onyx und Sardonyx. Braunschweig. 1804.

Brard, C. P. Traité des pierres précieuses, des porphyres, granitis, marbres, albâtres, et autres roches. Paris. 1808.

Mawe, J. A treatise on diamonds and precious stones. London. 1813.
Second edition, 1823. Reprinted, 1826. [Photolithographic reproduction as An Old English Book on Diamonds, with notes by P. Grodzinski. London. 1950.]

Hendel, J. C. [?] Anleitung zur Kenntniss der Edelsteine und Perlen als Handbuch für Juweliere und Steinschneider. Halle. 1816.

Haüy, M. Lf Abbé. Traité des caractères physiques des pierres précieuses. Paris. 1817.

Nordstern, A. Vom. Gemmen. Leipzig. 1818.

Fladung, J. A. F. Versuch über die Kennzeichen der Edelsteine und deren vortheilhaftesten Schnitt. Pesth. 1819.

Glocker, E. F. De gemmis Plinii imprimis de topazio. Vratislaviae [Breslau]. 1824.

Fladung, J. A. F. Edelstein-Kunde in Briefen an zwey Deutsche Fürstinnen. Wien [Vienna]. 1828.

Pinder, M. De adamante commentatio antiquaria. Berolini [Berlin]. 1829.

Caire, A. La science des pierres précieuses. Second edition. Paris. [1833].

Corsi, F. Delle pietre antiche. Third edition. Roma [Rome]. 1845.

Batchelor, S. H. The cabinet of gems. London. 1846.

2. Общие вопросы

В каждой из работ, перечисленных в этом разделе, описаны различные драгоценные камни и ювелирные материалы, характер их нахождения в природе, физические свойства и способы определения. Публикации, касающиеся отдельных драгоценных камней или отдельных аспектов их изучения, приведены в последующих разделах.

Barbot, C. Guide pratique du joallier: ou traité complet des pierres précieuses. Paris. 1858.
Kenngott, J. G. A. Die Edelsteine. Zürich. 1858.
Kluge, K. E. Handbuch der Edelsteinkunde, Leipzig. 1860.
Billing, A. The science of gems, jewels, etc. London. 1867.
Emanuel, H. Diamonds and Precious Stones. Second edition. London. 1867. (First edition 1865.)
Schrauf, A. Handbuch der Edelsteinkunde. Wien [Vienna]. 1869.
Feuchtwanger, L. A popular treatise of gems. New York. Fourth edition 1872. (First edition 1859.)
Jannettaz, G. M. E., and others. Diamant et pierres précieuses. Paris. 1881.
Tagore, S. M. Mani-mala; or, a treatise on gems. Two volumes. Calcutta. 1879, 1881.
Julia de Fontenelle, J. S. E., Malepeyre, F. Nouveau manuel complet du bijoutier-joaillier et du sertisseur comprenant la desription et la composition des pierres précieuses. Paris. 1884.
Rambosson, J. P. Les pierres précieuses et les principaux ornements. Third edition. Paris. 1884.
Blum, J. R. Taschenbuch der Edelsteinkunde. Third edition. Leipzig. 1887.
Dieulafait, L. Diamants et pierres précieuses. Third edition. Paris. 1887. (First edition 1871. English translation, London. 1874)
Groth, P. H. Grundriss der Edelsteinkunde. Leipzig. 1887.
Rothschild, M. D. A. Handbook of precious stones. New York and London. 1891.
Streeter, E. W. Precious stones and gems. Fifth edition. London. 1892. (First edition 1877.)
Doelter, C. A. Edelsteinkunde. Leipzig. 1893.
Cattelle, W. R. Precious stones. Philadelphia and London. 1903.
Farrington, O. C. Gems and gem minerals. Chicago. 1903.
Blum, J. R., Rue, W. Edelsteinkunde. Leipzig. 1907.
Goodchild, W. Precious stones. London. 1908.
Wodiska, J. A book of precious stones. New York and London. 1909.
Eppler, A. Die Schmuck- und Edelsteine. Stuttgart. 1912.
Sydal, W. A handbook on precious and semi-precious gems. London. 1913.
Verleye, L. Les pierres précieuses et les perles. Paris. 1913.
Escard, J. Les pierres précieuses. Paris. 1914.
Wade, F. B. A text-book io precious stones. New York and London, 1918.
Church, A. H. Precious stones. Fourth edition, reprinted. London. 1924. (First edition 1883).
Aubert de la Rüe, E. Pierres précieuses et pierres d'ornementation, etc. Paris. 1928.
Bauer, M. H., Schlossmacher, K. Edelsteinkunde. Third edition. Leipzig. 1928—32. (First edition, by M. H. Bauer, 1896. English translation, *by L. J. Spencer*, 1904. This translation republished, with addenda by *E. Olson*. New York and London. 1968.)
Mannucci, U. Le pietre preziose. Second edition. Milan. 1929. (First edition 1911.)
Aloisi, P. Le gemme. Trattato sulle pietre preziose. Firenze [Florence]. 1932.
Dragsted, A. De aedle stene og deres mystik. Copenhagen. 1933.

Rogers, R. F. Dictionary of gems, precious and semi-precious stones. Birmingham. 1933.
Eppler, A., Eppler, W. F. Edelsteine und Schmucksteine. Leipzig. 1934.
Willemse, A. De edelsteenen. Eeckeren. 1935.
Wild, G. O. Praktikum der Edelsteinkunde. Stuttgart. 1936.
Rau, W. Die Edelsteine. Leipzig. 1937.
Briggs, H. E. An encyclopedia of gems. Los Angeles. 1944.
Weinstein, M. Precious and semi-precious Stones. Fourth edition. London. 1944. (First edition 1929.)
Whitlock, H. P. The story of the gems. Second edition. New York. 1945. (First edition 1936.)
Spencer, L. J. A key to precious stones. Second edition. London and Glasgow. 1946. (First edition 1936.)
Kraus, E. H., Slawson, C. B. Gems and gem materials. Fifth edition. New York and London. 1947. (First edition, *E. H. Kraus, E. F. Holden*, 1925.)
Iyer, L. A. N. A handbook of precious stones. Calcutta. 1948.
Pearl, R. M. Popular gemology. New York. 1948.
Schmidt, P. S. J. Edelsteine. Bonn. 1948.
Hermann, F. Les gemmes et les perles. Paris. 1949.
Terpstra, P. Edelstenen. Den Haag. 1949.
Detter, T. Adelstenar och pärlor. Stockholm. 1951.
Gübelin, E. J. Das kleine Buch der Edelsteine. Leipzig. 1952.
Gübelin, E. J. Edelsteine. Berne. 1952. (French edition, Lausanne, 1953.)
Walton, Sir J. Physical gemmology. London. 1952.
Chudoba, K. F., Gübelin, E. J. Schmuck- und edelsteinkundliches Taschenbuch. Bonn. 1953. (See also *Chudoba, K., Gübelin, E.* 1966).
Fischer, W. Praktische Edelsteinkunde. Second edition. Nottuln-Kettwig, Ruhr. 1954. (First edition 1953.)
Harper, N. An introduction to gemstones. Birmingham. 1955.
Schwahn, C. Die praktische Edelsteinkunde. Berlin. 1955. (First published Halle 1948.)
Cloos, W. Kleine Edelsteinkunde. Freiburg. 1956.
Weinstein, M. The World of Jewel Stones. New York. 1959.
Sinkankas, J. Gemstones and Minerals. New York and London. 1961.
Metz, R. Precious stones and other crystals. London. 1964.
Pearl, R. M. Popular gemology, New York. 1965.
Chudoba, K., Cübelin, E. Edelsteinkundliches Handbuch. Bonn. 1966. (Second edition, revised and enlarged, of the Taschenbuch, 1953.)
Schubnel, H.-J. Les pierres precieuses. Vendome. 1968.
Wilson, M. Gems. London. 1967.
Schlossmacher, K. Edelsteine und Perlen. Fifth edition. Stuttgart. 1969. (First edition 1954.)
Webster, R. Gems, their sources, descriptions and identification. Second edition. London, 1970. (First edition, 2 vols., 1962.).
Cavenago-Bignami, S. Gemmologia. Third edition. Milan. 1972. (First edition 1959.)

3. Огранка и шлифовка

Natter, L. A treatise on the ancient method of engraving precious stones compared with the modern. London. 1754.
Mawe, J. Description of the lapidary's portable apparatus for cutting, slitting, and polishing crystals, jasper, agate, chalcedony, and precious stones, written expressly for amateur lapidarise. London. 1827.
Blum, J. R. Die Schmuck-Steine und deren Bearbeitung. Heidelberg. 1828.
Claremont, L. The gem-cutter's craft. London. 1906.

Eppler, W. F. Der Diamant und seine Bearbeitung. Leipzig. 1933.
Holstein, O. Fachkunde des Diamantschleifers. Idar-Oberstein. 1936.
Baxter, W. T. Jewelry, gem cutting, and metalcraft. New York and London. 1938.
Grondzinski, P. Diamond and gem stone industrial production. London. 1942.
Howard, J. H. Revised lapidary handbook. Greenville. 1946. (Revision of Hadbook for the amateur lapidary. 1935.)
Willems, J. D. Gem cutting. Illinois. 1948.
Sperisen, F. J. The art of the lapidary, Milwaukee. 1950.
Dake, H. C. The art of gem cutting. Sixth edition. Portland, Oregon. 1957. (First edition, with R. M. Pearl, 1938.)
Quick, L., Leiper, H. Gemcraft: how to cut and polish gemstones. Philadelphia. 1960.
Sinkankas, J. Gem cutting. Second edition. New Jersey. 1963. (First edition 1955).
Leiper, H. Gem-cutting shop helps. California. 1964.
Vargas, G., Vargas, M. Faceting for amateurs. La Mesa, California. 1969.

4. Определение

Mastin, J. The chemistry, properties and tests of precious stones. London and New York. 1911.
Chudoba, K. F. Bezeichnungsübersicht und Bestimmung der Schmucksteine. Leipzig. 1939.
Bolman, J. Welcher Edel-oder Shmuckstein ist das? Leiden. 1942.
Sprague, G. M. An easy guide to stones in jewellery. Cairo. 1949.
Bolman, J. Welke edelsteen is dit? Leiden. 1950.
Schlossmacher, K. Leitfader für die exakte Edelsteinbestimmung. Stuttgart. 1950.
Wild, G. O., Biegel, K. H. Kleiner Wegweiser zum Bestimmen von Edelsteinen. Stuttgart. 1950.
Gübelin, E. J., Inclusions as a means of gemstone identification. Los Angeles. 1953.
Chudoba, K. F., Gübelin, E. J. Echt oder synthetisch? Stuttgart. 1956.
Parsons, C. J., Soukup, E. J. Gem materials data book. Mentone, California. 1957.
Liddicoat, R. T. A handbook of gem identification. Sixth edition. Los Angeles. 1962. (First edition 1947.)
Webster, R. Practical gemmology. Fourth edition. London. 1966. (First edition 1943.)
Pearl, R. M. Gem identification simplified. Colorado Springs. 1968.
Anderson, B. W. Gem testing. Eighth edition. London. 1971. (First edition 1943. German translation by *W. F. Eppler*, Stuttgart, 1955).

5. Алмаз

Murray, J. A memoir on the diamond. Second edition. London. 1839. (First edition 1831.)
Goeppert, H. R. Ueber Einschlüsse im Diamant. Haarlem. 1864.
Framinet, C. Le diamant et ses imitations. Paris. 1868.
Payton, C. A. The diamond diggings of South Africa. London. 1872.
Lindley, A. F. Adamantia. London. 1873.
Rose, G., Sadeleck, A. Ueber die Krystallisation des Diamanten. Berlin. 1876.
Jacobs, H., Chatrian, N. Monographie du diamant. Anvers [Antwerp.] and Paris. 1880.

Streeter, E. W. The great diamonds of the world. Second edition. London. 1882.
Gelissen, C. Monografia del diamante. Napoli [Naples]. 1882.
Jacobs, H., Chatrian, N. Le Diamant. Paris. 1884.
Boutan, E. Le diamant. Paris. 1886.
Mitchell, H. Diamonds and gold in South Africa. London. 1888.
Streeter, E. W. The Koh-i-Nûr diamond. London. 1895.
Lewis, H. C., Bonney, T. G. Papers and notes on the genesis and matrix of the diamond. London. 1897.
Launay, L. De. Les diamants du Cap. Paris. 1897.
Williams, G. F. The diamond mines of South Africa. Two volumes. New York. 1906. (First edition in one volume, New York and London, 1902.)
Crookes, W. Diamonds. London and New York. 1909.
Asscher, I. J. The «Cullinan» diamond. [A series of 15 photographs.] Amsterdam. 1909.
Fersman, A., Goldschmidt, V. Der Diamant. Heidelberg. 1911.
Cattelle, W. R. The diamond. London and New York. 1911.
Wagner, P. A. The diamond fields of South Africa. Johannesburg. 1914.
Wade, F. B. Diamonds. A study of the factors that govern their value. New York. 1916.
Tolkowsky, M. Damond design. London. 1919.
Williams, A. F. The genesis of the diamond. 2 vol. London. 1923.
Sutton, J. R. Diamond: A descriptive treatise. London. 1928.
Grodzinski, P. Diamant-Werkzeuge. Berlin. 1936.
Hershey, J. W. The book of diamonds. New York. 1940.
Chilvers, H. A. The story of De Beers. Second edition. London. 1940. (First edition 1939.)
Austin, A. C., Mercer, M. The story of diamonds. Los Angeles. 1941.
Grodzinski, P. Diamond tools. London. 1944.
Hermann, F. Diamanten. Vienna. 1948.
Shipley, R. M. Famous diamonds of the world. Fifth edition. New York. 1948. (First edition 1939.)
Maier, W. Brillanten und Perlen. Stuttgart. 1949.
Bruet, E. Le diamant. Paris. 1952.
Grodzinsky, P. Diamond technology. London. 1953.
Monnickendam, A. The magic of diamonds. London. 1955.
Tolansky, S. The microstrutures of diamond surfaces. London. 1955.
Hahn, E. Diamonds. London. 1956.
Copeland, L. L., et al. The Diamond Dictionary. Los Angeles. 1961.
Bruton, E. The True Book about Diamonds. London. 1961.
Tolansky, S. The history and use of diamond. London. 1962.
Doughty, O. Early diamond days: the opening of the diamond fields of South Africa. London. 1963.
Dickinson, J. Y. The book of diamonds. New York 1965. London. 1966.
Argenzio, V. The fascination of diamonds. New York 1966. London 1967.
Copeland, L. L. Diamonds — famous, notable and unique. Los Angeles. 1966.
Tolansky, S. The strategic diamond. Edinburgh. 1968.
Bruton, E. Diamonds. London. 1970.
Lenzen, G. The history of diamond production and the diamond trade. (Translated from the German by *F. Bradley).* London. 1970.

6. Кварц, агат и опал

Lange, G. Die Halbedelsteine aus der Familie der Quarz und die Geschichte der Achatindustrie. Kreuznach. 1868.
Traill, G. W. An elementary treatise on quartz and opal. Second edition. Edinburgh and London. 1870. (First edition 1867.)

Wright, B. MC. M. Native silica: A treatise upon a series of specimens of quartz, rock crystal, chalcedony, agates, and jaspers, as well as other minerals... with a chapter upon the formation of agates. London, 1894.
Skertchly, S. B. The story of the noble opal. Brisbane. 1908.
Liesegang, R. E. Die Achate. Dresden and Leipzig. 1915.
Wollaston, J. C. Opal: The gem of the Never Never. London. 1924.
Farrington, O. C., Laufer, E. Agate: physical properties and origin. Agate-Archaelogy and folk-lore. Chicago. 1927.
Macdonald, R. M. Opal and gold. London. 1928.
Dake, H. C., Fleener, F. L., Wilson, B. H. Quartz family minerals. New York and London. 1938.
Leechman, F. The opal book. Sydney. 1961.
Quick, L. The book of agates. London. 1963.
Eyles, W. C. The book of opals. U. S. A. and Japan. 1964.
Indriess, I. Opals and sapphires. London. 1968.

7. Жад

Bishop, H. R. Investigations and studies in jade. Two volumes. New York. 1906.
Laufer, B. Jade: a study in Chinese archaeology and religion. New York. 1912.
Goette, J. Jade lore. New York. 1937.
Nott, S. C. Chinese jade throughout the ages. London. 1937.
Kraft, J. L. Adventure in jade. New York. 1947.
Whitlock, H. P., Ehrmann, M. L. Story of jade. New York. 1949.
Hansford, S. H. Chinese jade carving. London. 1950.
Ruff, E. Jade of the Maori. London. 1950.
Hardinge, Sir. C. Jade, fact and fable. London. 1961.
Gump, R. Jade — stone of heaven. Canada. 1962.
Wills, G. Jage. London. 1964.
Luzzatto-Bilitz, O. Antiche Giade. Milan. 1966. (Englich translation, Antique jade, London. 1969.)
Palmer, J. P. Jade. London. 1967.
Sakikawa, N. Jade. Tokyo. 1968.
Hansford, S. H. Chinese carved jades. London. 1968.

8. Янтарь

Haddow, J. G. Amber. Liverpool. 1892.
Buffum, W. A. The tears of the Heliades or amber as a gem. Third edition. London. 1898. (First edition 1896.)
Murgoci, G. Gisements du succin de Roumanie. Bucarest. 1903.
Farrington, O. C. Amber: its physical properties and geological occurrence. Chicago. 1923.
Schmid, L. Bernstein. Dresden and Leipzig. 1931.
Williamson, G. C. The book of amber. London. 1932.
Andrée, K. Bernstein Forschungen. Berlin. 1929—1939.
Bachofen-Echt, A. Der Bernstein und seine Einshlüsse. Vienna. 1949.

9. Жемчуг

Möbius, K. Die echten Perlen. Hamburg. 1857.
Streeter, E. W. Pearls and pearling. London. 1886.
Cattelle, W. R. The pearl, its story, charm and value. Philadelphia and London. 1907.

Mikimoto, K. Japanese culture pearl. Tokyo. 1907.
Kunz, G. F., Stevenson, C. H. The book of the pearl: the history, art, science, and industry of the queen of gems. London. 1908.
Dakin, W. J. Pearls. New York. 1913.
Korschelt, E. Perlen. Berlin and Vienna. 1913.
Mikimoto, K., The story of the pearl. Tokyo, Osaka and London. 1920.
Rosenthal, L. The kingdom of the pearl. London. 1920.
Boutan, Louis. La perle. Paris. 1925.
Parkert, O. W. Die Perle. Leipzig. 1925.
Rosenthal, L. Au royaume de la perle. Paris. 1926.
Michel, H. Perlen und Kulturperlen. Leipzig. 1940.
Bolman, J. The mystery of the pearl. Leiden. 1941.
Reece, N. C. The cultured pearl. Tokyo. 1958.

10. Синтетические камни

Frémy, E. La Synthèse du Rubis. Paris. 1891.
Boyer, J. La synthèse das pierres précieuses. Paris. 1909.
De Boismenu, E. Fabrication synthétique du diamant. Paris. 1913.
Grossmann, H., Neuburger, A. Die synthetischen Edelsteine. (Nach Jacques Boyer: La synthèse des pierres précieuses.) Berlin, 1918.
Michel: M. Nachahmungen und Verfälschungen der Edelsteine und Perlen, und ihre Erkennung. Graz. 1926.
Michel, H. Die künstlichen Edeldsteine. Second edition. Leipzig. 1926. (First edition 1914).
Krauss, F. Synthetische Edelsteine. Berlin. 1929.

11. Разные работы

Ниже перечислены работы, посвященные отдельным драгоценным камням (исключая те, которые упомянуты в разделах 5—9) или драгоценным камням отдельных стран или коллекций, а также определенным аспектам изучения драгоценных камней. Хотя по широте охвата эти работы уступают перечисленным в разделе 2, многие из них представляют интерес с точки зрения отдельных конкретных вопросов.

Castellani, A. Gems: notes and extracts. London. 1871.
Kunz, G. F. Gems and precious stones of North America. New York. 1890. (Second edition 1892 reprinted, New York and London. 1968.)
Hamlin, A. C. Leisure hours among the gems. Boston. 1891.
Smith, J. Semi-precious stones of Carrick. Kilwinning [1910].
Pogue, J. E. The turquoise. Washington, D. C. 1915.
Doelter, C. Die Farben der Mineralien ins besondere der Edelsteine. Braunschweig. 1915.
Merrill, G. P., Moodey, M. W., Wherry, E. T. Hadbook and descriptive catalogue of the collection of gems and precious stones in the United States National Museum. Washington. 1922.
Imperial Institute, London. Gemstones. Second editon. 1934. (First edition 1933.)
Gravender, M. F., Shipley, R. M. Fascinating facts about gems. Los Angeles. 1933.
McCallien, W. J. Scottish gem stones. London and Glasgow. 1937. (Reprinted 1965.)
Calmbach, W. F. von. Hadbuch Brasilienische Edelsteine und ihre Vorkommen. Rio de Janeiro. 1938.
Lang, H. Das kleine Buch der Edelsteine. Leipzig. 1938.
Mauro, F. Pietre preziose e semipreziose delle Alpi Italiene. Milan. 1940.

Chudoba, E. F. Deutsche Schmuck- und Edelsteine. Bohn. 1942.
Shipley, R. M. Dictionary of gems and gemology. Fourth edition. Los Angeles. 1948. (First edition 1945.)
McLintock, W. F. P. A guide to the collection of gemstones in the Geologica Museum. Third edition, revised by P. A. Sabine. London. 1951. (First edition 1912.)
Ферсман, А. Е. Очерки по истории камня. АН СССР; т. I, 1954, т. II, 1961.
Klein, F. Smaragde unter dem Urwald. Second edition. Berlin. 1952. (First edition 1941).
Wooster, N. Semi-precious stones. Harmondsworth, Middlesex. 1952.
Stranner, H. Edelsteine und Metalle in der Bijouterie. Zurich. 1953.
Walton, Sir J. A pocket chart of ornamental and gem stones. London. 1954. (German translation by *W. F. Eppler*, Stuttgart, 1957.
Sinkankas, J. Gemstones of North America. New York and London. 1959.
Webster, R. The gemmologist's compendium. New edition. London. 1964. (First published as The gemmologist's pocket compendium, 1938.)
Gübelin, E. Die Edelsteine der Insel Ceylon. Lucerne. 1968.
Sinkankas, J. Van Nostrand's standard catalog of gems. Princeton and London. 1968.
Blakemore, K. Retail jewellers guide. London. 1969. (Replacing The retail jeweller's handbook by A. Selwyn. Seventh edition, 1962.)

12. История и легенды

Hindmarsh, R. Precious stones; being an account of the stones mentioned in the sacred scriptures. London. 1851.
Krause, J. J. Pyrgoteles oder die edlen Steine der Alten. Halle. 1856.
Barrera, A. de. Gems and jewels, their history, geography, chemistry... from the earliest ages down to the present time. London. 1860.
King, C. W. The handbook of engraved gems. London. 1866.
King, C. W. Antique gems: their origin, uses and value, and c. London. 1866.
King, C. W. The natural history of gems or decorative stones. London and Cambridge. 1867.
King, C. W. The natural history of precious stones and of the precious metals. London and Cambridge. 1867. (First edition 1865.)
Miro, J. I. Estudio de las piedras preciosas: su historia y caractéres en bruto y labradas con la descripcion de las joyas mas notables de la corona de España. Madrid. 1870.
King, C. W. Antique gems and rings. Two volumes. London. 1872.
Westropp, H. M. A manual of precious stones and antique gems. London. 1874.
Billing, A. The science of gems, jewels, coins, and medals. New edition. London. 1875.
Jones, W. History and mystery of precious stones. London. 1880.
Burnham, S. M. Precious stones in nature, art, and literature. Boston. 1886.
Middleton, J. H. The engraved gems of classical times. Cambridge. 1891.
Middleton, J. H. The Lewis collection of gems and rings. Cambridge. 1892.
Osborne, D. Engraved gems. New York. 1912.
Druck, A. Die Geheimnisse der Edelsteine. Second edition. Berlin. 1913.
Kunz, G. F. The curious lore of precious stones. Philadelphia and London. 1913.
Kunz, G. F. The magic of jewels and charms. Philadelphia and London. 1915.
Kunz, G. F. Shakespeare and precious stones. Philadelphia and London. 1916.
Younghusband, G. J., Devenport, C. The Crown Jewels of England. London. 1919.
Stopford, F. The romance of the jewel. London. 1920.
Younghusband, G. J. The Jewel House. London. 1921.
Evans, J. Magical jewels of the Middle Ages and of the Renaissance particularly in England. Oxford. 1922.

Cooper, C. W. The precious stones of the Bible. London. 1924.
Studer, P., Evans, J. Anglo-Norman lapidaries. Paris. 1924.
Rosenthal, L. Au des gemmes. L'émeraude, le rubis, le saphir. Paris. 1925. (First edition 1922).
Abbott, M. Jewels of ramance and renown. London. 1933.
Evans, J., Serjeantson, M. S. English mediaeval lapidaries. Oxford. 1933.
Bolman, J. De edelsteenen uit den Bijbel gezien in het licht der hedendaagsche edelsteenkunde. Amsterdam. 1938.
Pazzini, A. Le pietre preziose nella storia della medicina e nella legenda. Rome. 1939.
Ball, S. H. The mining of gems and ornamental stones by American Indians. Washington. 1941.
Ball, S. H. A Roman book on precious stones. Los Angeles. 1950.
Warner C. The Crown Jewels. London. 1951.
Sitwell, H. D. W. The Crown Jewels. London. 1953.
Holmes M. The Crown Jewels. Second edition. London. 1955. (First edition 1953.)
Twining (Lord). A history of the crown jewels of Europe. London. 1960.
Boardman, J. Archaic Greek gems. London. 1968.
Boardman, J. Engraved gems. London. 1968.
Meen, V. B., Tushingham A. D. Crown jewels of Iran. Toronto. 1968.
Richter, G. M. A. Engraved gems of the Greeks and the Etruscans. London. 1968.
Young, S. The queen's jewellery. London. 1969.
Lewis, M. D. S. Antique paste jewellery. London. 1970.

Авантюрин 388, 394
Австралит 450, 451
Агальматолит 490, 491
Агат 453—455, 457
— крепостной 455
— моховой 455, 457
— полосчатый 457
— происхождение полосчатости 458
— руинный 455
Аделаидский рубин (гранат) 183, 349
Адуляр 405, 409
Азурит 472, 480
Азуркварц 388
Азуро-малахит 473, 480
Аквамарин 316—318, 320, 321
— месторождения Австралии 327
— — Бразилии 327
— — Мадагаскара 327
— — СССР 326
— — США 327
Аквамарин-хризолит 185, 364
Аксинит 411
Актинолит 460
Алалит 422
Алдур 538
Алебастр 474, 478
Александрит 378—381
Алланит 427, 428
Алмаз 170, 184, 233, 262
— «Австралийский желтый» 243, 274
Алмаз «Алмаз Шеферда» 240
— «Амстердам» 236
— «Английский алмаз Дрездена» 246, 275
— «Белый дрезденский» 244, 274
— «Большая таблица» 238
— «Большой белый алмаз» 249
— «Бразанга» (возможно, топаз) 247
— «Бэттерсхил» 289
— «Великий Могол» 245
— «Виктория» 249
— время внедрения кимберлита 298
— глубина образования 298
— «Дадли» 250, 276
— «ДЕ БИРС» 250
— «Дерианур» 237, 238, 274
— «Дьюи» 292
— «Дю Тойт» 250
— «Дю Тойт-I» 250
— «Дютойтспан» 250
— «Евгения» 241, 274
— «Желтый алмаз Тиффани» 251
— «Желтый дрезденский» 244, 274
— «Звезда Арканзаса» 292
— «Звезда Африки», или «Куллинан-I» 159, 248
— «Звезда Африки-II», или «Куллинан-II» 258

Алмаз «Звезда Востока» 243, 246, 274
— «Звезда Египта» 246, 275
— «Звезда Минаса», 246, 275
— «Звезда юга» 246, 275
— «Звезда Южной Африки», или «Дадли» 250, 276
— «Зеленый дрезденский» 244, 274
— зональность 297
— «Империал» 249
— «Йонкер» 252
— «Камберленд» 245, 274
— капский, спектр поглощения 109
— «Коленсо» 252
— «Корона луны» 240
— «Кох-и-Нор» 234, 245, 273, 274
— «Красный крест» 251
— кристаллы двухточечные, 171, 176
— — трехточечные 171, 175
— — четырехточечные 171, 175
— «Кубинский Капитолий» 253
— «Куллинан» 159, 247
— «Куллинан-I» 248
— «Куллинан-II» 248
— «Куллинан-III» 248
— «Куллинан-IV» 248
— «Лазарев» 236
— «Либертадор» 254
— «Луна» 245
— «Луна гор» 245
— «Маттан» 254, 291
— месторождения Бразилии 274, 275
— — Гайаны 291, 292
— — Западной Африки 288
— — Индии 273
— — Калимантана 291
— — Нового Южного Уэльса 291
— — плато, или высотные 275
Алмаз, месторождения прибрежные Южной Африки 286
— — речных долин, или долинные 275
— — СССР 290
— — США 292
— — Центральной и Восточной Африки 289
— — Южной Африки 276
— «Минас-Жерайс» 246, 275
— «Нассак» 240, 274
— нечистой воды 264
— «Низам» 244, 274
— обогащение на движущемся жировом поясе 282, 283
— — — жировом столе 282
— — предварительное гравитационное 282
— — электростатическое 283
— «Орлов» 236, 245, 274
— «Освободитель» 254
— острова Уайт (кварц) 393
— «Павел I» 244, 274
— «Пиготт» 240, 274
— «Питт», или «Регент» 170, 233, 235, 274
— полировка 173
— «Полярная звезда» 244, 274
— «Портер-Родс» 250
— «Президент Варгас» 247, 275
— происхождение 293
— «Пэм» 251
— распиловка 171
— «Регент» 235, 274
— «Регент Португалии» (возможно, топаз) 247
— «Рейц» 249
— речные разработки 278, 284
— «Рудник Де Бирс» 251
— «Санси» 238, 274
— сингенетичные включения 296
— синий 242
— синтез 299
— синтетический 188
— скалывание 170

Алмаз сортировка 283
— — первичная 283
— — по степени совершенства 271
— спектр поглощения 109
— «Стюарт» 250
— сухие разработки 278, 283
— «Тадж-е-Мах» («Корона луны») 240, 274
— «Теннант» 251
— «Тигровый глаз» 252
— типы 265
— «Тосканец» 243
— «Флорентинец» 243
— «Французский синий алмаз» 243
— «Хоуп» 241
— черный 264, 274
— чистой воды 264
— «Шах» 239, 274
— «Шах-Акбар» 239, 274
— шлифовка 172
— «Эксельсиор» 249, 289
— «Эстерелла-де-Минас» («Звезда Минаса») 246
— «Юбилей», или «Рейц» 249
— «Южный крест» 247
— «Юлиус Пэм» 251
— «Ягерсфонтейн», или «Пэм» 251
Алмазная буровая коронка 269
— пила 172
«Алмазный кратер», заповедник 292
— порошок, 171, 172, 174, 177, 178, 268
— шпат, шлифовальный материал 307
Алмазоносная порода 296, 297
Алмазоносные трубки, методы подземной разработки 281
— — — — — камерная система 281
— — — — — система этажного обрушения 281
— — строение 293, 294
Алмазы «Малые звезды Африки» 248
Альбит 404—407, 464, 465
Альмандин 184, 344, 346, 351
— месторождения 352
— спектр поглощения 107
Альмандин-шпинель 184, 338
Аляскинский алмаз (горный хрусталь) 384
Амазонит 404, 409
Амарилл 197
Аматрикс 492
Амблигонит 410
Американский жад (идократ) 185
— — (калифорнит) 466
— рубин (гранат) 349
Аметист 184, 385, 387, 392—394
— восточный 385
— искусственный 209
Аминопластик 538
Анализатор 117, 119
Анатаз 437, 438
Андалузит 210
Андезин 406, 407
Андрадит 344, 346, 354
— спектр поглощения 107
Аниолит (зеленая цоизитовая порода) 447
Анионы 45
Анортит 404, 406, 407
Апатит 412, 481
Апофиллит 472
Арагонит 474, 496
Ареометр 125
Аризонская шпинель (красный или зеленый гранат) 185, 337
Аризонский рубин (гранат) 183, 349
Арканзасский алмаз (горный хрусталь) 384
Асбест 487
Астеризм 76, 92
Астерии, или звездчатые камни 301, 305
Атласный шпат (селенит) 474, 478

Африканский жад (вардит) 466
— изумруд (зеленый флюорит) 184, 476
Ахроит 357
Ацетилцеллюлоза 535

Багагемские копи 246
Базовая цена (жемчуга) 144
Байон, рубиноносные отложения 310
Бакелит 530, 533, 534
Балас-рубин (красная шпинель) 183
Бастит 427
Бедиасит 450
Бекке полоска 64—66
Белое золото 181
Белый шерл (альбаит) 358
Бензол 128, 534
Бенитоит 414, 441
Берилл 316
— моховой 320
— розовый 316
— условия образования 328, 329
Бериллий 317, 320
Бериллонит 416
Бертрана линза 121
Биксоид 535
Биллитонит 20, 450
Бинокуляр 113
Бирмит 224, 530
Бирюза 453, 469
— паутинная 470
Битовнит 406, 407
Блеск алмазный 74
— перламутровый 74, 77
— смоляной 74
— стеклянный 74
— шелковистый 74, 77, 92
«Блу джон» 224, 453, 476—478
Бовенит 224, 459, 464, 466, 486, 487
Богемский алмаз (горный хрусталь) 384
Боразон 268
Борт 263, 264, 267
— буровой 269
Браве символы 37
Бразилианит 417
Бразильский изумруд (зеленый турмалин) 184, 357, 358
— оникс (мраморный оникс — известковая порода) 474
— определение 183
— перидот (желтовато-зеленый турмалин) 357
— рубин (топаз) 302, 330, 331, 335
— сапфир (голубой турмалин) 183
— — (кордиерит) 301, 357
— топаз (настоящий топаз) 184
— хризолит (хризоберилл) 185, 364
Бристольский алмаз (горный хрусталь) 185, 384, 393
Бромоформ 128, 129
Бронзит 426
Брукит 437, 438
Бульки 194
Бура 475
Бустамит 485
Бутылочный камень (тектит) 451
«Бюлтфонтейн», рудник 277, 279, 280, 285

Вайомингский жад (альбит с включениями нефрита) 465
Валлум-алмаз (кварц) 393
Вардит 459, 466, 483
Варисцит 471, 492
Везувиан 431
Венгерский «кошачий глаз» (кварцевый «кошачий глаз») 395
Венская бирюза (имитация) 471

Верде антик, зеленая серпентиновая порода с белыми прожилками кальцита 486
Вернейля метод 114, 187, 195
— печь 193
— трубка 194
«Вессельтон», рудник 277, 280, 284
Вестфаля весы 125, 130
Вечерний изумруд (перидот) 364
Взвешивание 129
— гидростатическое 130
— двойное 130
Вивианит 481, 482
Виды (классы) симметрии кристаллов 29
«Викерс MI4a», модель рефрактометра 63, 112
«Викерс M70a», модель микроскопа 112
Виктрон 536
Виллемит 445
Вильямсит 486, 487
«Вильямсон», рудник 286, 294
Виндолит 535
Винил 534
Винилацетат 536
Винилхлорид 535, 536
Виолан 483
Висколоид 535
Включения в кристаллах 113, 115
— — — газовые 114
— — — жидкие 114
— — — твердые 114
Водяной опал (гиалит) 403
— сапфир (бесцветный топаз) 335
— — (кордиерит) 183, 301, 419, 429
— — (топаз) 183
— хризолит (тектит) 451
Волокнистый световод 113
Волосатик 388
Воробьевит 317
Восстановленный, определение 186
Восточный алебастр (известковый камень) 474
— аквамарин (голубовато-зеленый корунд) 185, 301
— альмандин (корунд) 184
— аметист (блестящий кварц из Сибири) 184
— — (фиолетовая шпинель) 184, 337
— — (фиолетовый корунд) 184, 301
— гиацинт (розовый корунд) 185, 301, 371
— изумруд (зеленый корунд) 184, 301
— определение 183
— топаз (бледно-желтый сапфир) 312, 330
— — (желтый корунд) 184, 301, 330
— хризолит (желтовато-зеленый корунд) 185, 301
— — (желтовато-зеленый хризоберилл) 185
Вращение плоскости поляризации 32, 122, 123
Вуда светофильтр 142
Вытягивание из расплава, метод выращивания кристаллов 211

Габитус кристаллов 25, 27, 28
— — игольчатый 28
— — пластинчатый 28
— — призматический 28
— — таблитчатый 28
Гагат 224, 494, 518, 523, 524
Галалит 530, 538
Галенит 417
Гало (радужный ореол) 115
Гамбергит 225, 430
Ганит 340
Ганошпинель 338

Гаюин 467
Геданит 529
Геденбергит 422
Гелиодор 316, 317, 318
Гелиотроп 454, 457
Гематит 482, 483
Гемиморфит 479, 487
Герапатит 117
Герцинит 338
Гессонит 347, 348
— спектр поглощения 107
Гиалит 399, 403
Гиалофан 408
Гиацинт 185, 347, 348
— (гранат или шпинель) 371
— или джацинт (оранжевый и красновато-коричневый гроссуляр) 347, 348
— — — (циркон) 247, 248, 370, 371
Гибралтарский камень 474
Гидденит 462, 463
— спектр поглощения 110
Гидрогроссуляр 349, 459
Гидроксилапатит 481
Гидротермальный синтез 188
Гидрофан 77, 399, 400
Гиперстен 425, 426
Гипс 474, 478
Гишер (гагат) 524
Глициний 317
Глюкоза 534
Гнилой камень 178
Говлит 219, 471
Голкондские копи 234, 239, 240, 244, 273
«Голубиная кровь», красный цвет со слегка лиловатым оттенком 302
Гониометр 34, 64
Горелка дугообразная 199
Горизонтальный полировальный круг 173
Горный хрусталь 384, 393
Гошенит 317
Гранат 182
Гран, определение 144
Гранатов семейство 343
Графит 189, 263
Гризер 282
Гроссуляр 344, 347, 348
— месторождения 348
Группарас, алмазоносные обломочные отложения 275

Даймонэр 211
Даллит 482
Даммар, смола 531
— белый 531
— сингапурский 531
— черный 531
Даммар-кошачий глаз 531
— пенак 531
Даммаров камень 531
Данбурит 420
Дарвинское стекло 451
Датолит 421
Двойникование 39
— механическое 40
— полисинтетическое 39
— прорастающее 39
Двойниковая ось 39
— плоскость 39
Двупреломление 53, 79, 120
— формы 456
«Де Бирс», рудник 250, 279, 280, 284
Декоративные камни 453
Демантоид 107, 344, 346, 354, 355
Джацинт (оранжевый и красновато-коричневый гроссуляр) 347, 348
— (циркон) 347, 348, 370, 371
«Джефферсон», рудник 348
Джиггер 282
Диагем (титанат стронция) 163, 211
Диакон (метакрилатная смола) 537
Диаллаг 424

Диамонэр (синтетический иттрий-алюминиевый гранат) 163
Диморфизм 42
Диморфное вещество 42
Диопсид 108, 422
— спектр поглощения 108
Диоптаз 424
Дисперсия в интервале *B*—G 209, 304
— света 53
Дистен 434
Дистрен (полистирол) 536
Дифрактограмма (дебаеграмма) 43
Дихроизм 92, 96, 117
Дихроит 419
Дихроскоп 96, 97
Дравит 359
Драгоценные камни идиохроматические 95
— — обработка 150
— — оправы 181
— — полосы поглощения 102
— — распространение в основных странах мира 224, 225
— — цвет 92
Дублет 218
— опаловый 219
— спектр поглощения 111
Дуниты 367
Дымчатый топаз (темный кварц) 183, 386
Дюмортьерит 475
«Дютойтспан», рудник 250, 277, 279, 280, 284

Египетский алебастр (известковый камень) 474

Жад 185, 459
— спектр поглощения 106
Жад-альбит 466
Жадеит 459, 460, 461, 462
— спектр поглощения 106
Ждовая смесь 465, 466
Жааргон (циркон) 102, 370, 371
Жаргонит 102
Железный блеск 483
— колчедан 483
Желтая земля 278, 281
Жемчуг 494, 495
— барочный 503
— восточный 503, 514
— выращенный 495, 507, 508
— — распознавание 511
— — — оптическими методами 512
— — — рентгеновскими методами 513, 514
— голубой 501
— естественный 495
— зерновой 497
— зрелый 501
— имитации 516
— индийский 502
— круглый 503
— незрелый 501
— процесс образования моллюсками 500
— пузарчатый 502, 503, 511
— пылеватый 503
— речной 497, 498
— розовый 503
— скорость отложения перламутра 503
— форма жемчужин 502
— черный 498, 501
Жемчужина «Большой Южный Крест» 504, 507
— замочная 503
— молоткообразная 503
— «Пеллегрина» 507
— «Регент» 507
— яйцевидная 503
— японская 508
Жемчужные мидии 496
— устрицы 496
Жемчужный гран, единица веса жемчуга 504

Жемчужный мешок 502, 503
Жировые столы 282
Жировик 489, 490

Закон рациональности индексов 38, 42
Законы двойникования 39
— преломления света Снеллиуса 49
Замазка (окись олова) 178
Западный топаз (желтый кварц—цитрин) 184, 386
Звездчатые камни, или астерии 76, 301, 305
— — синтетические 76
Золото 180, 181
Зонштадта раствор 129
Зоны, или комплексы, граней 28
Зубная ткань 481

Иакинф (гиацинт) 230
Игмеральд 204, 206
Игра камня 74, 75
Идократ 431
Изоморфизм 41
Изоморфные группы 41
Изофлекс 535
Изумруд 184, 316—318, 320, 321
— «Девонширский» 258
— испанский 323
— месторождение Хабахталь 325
— месторождения Африки 326
— — Бразилии 325
— — Европы 325
— — Египта 322
— — Колумбии 324, 325
— — СССР 323
— — Южной Америки 323, 324
— образование 325
— «Патриция» 322
— перуанский 323
Изумруд синтетический 202, 319
— — спектр поглощения 111
— спаянный 218
— — спектр поглощения 105
Изумрудные копи в Мусо 324
— — Клеопатры в Верхнем Египте 322
— — Урала 326, 435
Иллам, продуктивные обломочные отложения 312
Иммерсионный метод определения показателей преломления 64
Императорский жад (изумрудно-зеленый жадеит) 461
Индексы граней 35, 37
Индиголит 357
Индийский жад (зеленый авантюрин) 395
— топаз (шафранно-желтый корунд) 184, 330, 335
Индикаторы — вещества с известным удельным весом 125
Индикатриса 84
Индиколит 357
Индосинит 450
Иодистый метилен 127
Иолит 183, 419
Ионная структура — упаковка соприкасающихся несжимаемых сфер 45
Иризация 77
Ирис 386
Ирис-опал (гиалит) 400, 403
Искусственный александрит (синтетический корунд или синтетическая шпинель) 378, 382
Исландский агат (обсидиан) 455
— шпат 79, 474
Испанский лазулит (кордиерит) 419
— топаз 386
Итаколумитовая алмазоносная серия 275

Калифорнийский жад (идократ) 185
— — (калифорнит) 466
Калифорнит 431, 432, 459
Кальцит 467, 473, 474, 496
Камедь 526, 527, 532
Кандийская шпинель (бледно-красный гранат с Цейлона) 105, 185
Канди-шпинель (гранат) 337, 349, 352
Каолин 491
Капский изумруд (пренит) 184, 436
— рубин (гранат из Южной Африки) 182, 183, 302, 343, 349—351
Карат арабский 240
— метрический, определение 144, 146, 148
— определение 144, 146, 147
— флорентийский 243
— французский 238
Карбонадо, или черный алмаз 263, 264, 266, 267, 274
Карбонатапатит 482
Карборунд 178, 268
Карбункул 151, 152, 226—228, 231, 351
Карнеол 224, 454, 457
Каскальхо, алмазоносные отложения речных долин 275
Касситерит 418
Кастор 436
Катионы 45
Кахолонг 399
Кварц 384
— вращение плоскости поляризации 390, 391
— дымчатый 386, 394
— левосторонний 389, 390
— молочный 386
— оптический 396
— правосторонний 389, 390
— пьезоэлектрический эффект 391, 392
Кварц радужный 386
— розовый 386, 387, 395
— синтетический 208
— типы двойникования 389
— — месторождений 396
— японские двойники 393
Кварцевое стекло 392, 452
Кварцевый «кошачий глаз» 185
Кварцит 388
Керн 269
Кернгорм 386, 387, 394
Кернгормский камень 386
Кианит 434
«Кимберли», рудник 250, 251, 278, 280, 283, 284, 294, 295
— время внедрения 298
Кимберлитовая трубка «Айхал» 299
— — «Мвадуи» 286
— — «Мир» 290
— — «Премьер» 280
— — «Роберт-Виктор» 299
Кимберлитовые трубки 285
Кимберлиты 285, 287, 288, 295—297
Китайский «кошачий глаз» (раковины моллюсков) 517
Клейна раствор 129
Клеричи раствор 126
Клиноцоизит 427
Колларские копи Голконды 236, 237, 241
Колорадский рубин (гранат) 183, 349
Конденсорная линза 121
Конхиолин (склеропротеин) 496
Копал 531, 532
— восточноафриканский 532
— занзибарский 532
— зрелый 532
— ископаемый 532
— манильский 531
Кораллы 494, 518, 522
— красные 523
— черные 523

Карборунд 178
Кордиерит 419
Корейский жад (серпентин) 466, 486,
Коричный камень (гроссуляр) 347, 348
Корнерупин 426, 433
Корнуэллский алмаз (горный хрусталь) 185, 384, 393
Королевский синий, чистый синий цвет сапфиров 311
— топаз (густо-желтый сапфир) 312
— — (желтый корунд) 184, 330, 335
Корунд 300
— восстановленные камни 192
— гидротермальный синтез 200
— разновидности 301
— синтетический 192, 193
— — спектр поглощения 110
— спектр поглощения 104
— условия образования 314
Кость 521
— гиппопотамовая 519
— кашалота 519
— компактная 521
— мамонтовая 518
— моржовая 518, 519
— решетчатая 521
— слоновая 481, 482
— — ископаемая 518, 519
— — мягкая 519
— — твердая 519
«Коффифонтейн», рудник 280, 284
«Кошачий глаз», или переливчатость света 75, 92, 381, 382
— — кварцевый 378, 381, 384, 388, 395
— — турмалиновый 378
— — хризоберилловый 75, 185, 378, 385, 395
Кошениль 533
Коэсит 297, 299
Красный шерл (рутил) 358
Кремень 455
Кристаллизация, способы 187
Кристаллографические оси 35, 36
Кристаллы двуосные 87
— — отрицательные 87
— — положительные 87
— искаженные 34
— общие формы 29
— одноосные 82, 83
— — отрицательные 82
— — положительные 82
— определение 19, 20
— оптические свойства 47, 48
— особые формы 29
— открытые формы 26
— простые формы 25
— симметрия 21, 120
— структура 42
— — зональная 114
— — и физические свойства 47
— типы связей 43
— форма 25
— электрические свойства 138
Кристобалит 388
Кровавик 454, 483
Кронгласс 215
Круги для полировки 178
Ксалостоцит 348
Ксантит 431
Ксилонит 494, 534, 535
Куинстаунит 451
Кунцит 225, 442, 443
— спектр поглощения 110

Лабрадор 406, 407, 409
Лавернит 210
Лаврас, алмазоносная серия 275
Лазулит 225, 467, 471, 472, 479
Лазурит 467, 469, 472
Лазурь 472
Лактоид 538
Ландакские рудники 253
Ландерит 348

Лауэ способ изучения кристаллических структур 43
Лигур 226, 227, 228
Линобат 211
Линтонит 491
Литиевый изумруд (гидденит зеленый, или благородный сподумен) 184
Ложная ляпис-лазурь 456
Ложный топаз (желтый кварц) 386
Лумарит 535
Лунный камень 77, 404
— — черный 407, 408
Луцит 537
Луч необыкновенный 82
— обыкновенный 82
Люмачелла, или люмашель 473
Люминесценция 138, 140
Люстрон 536
Ляпис-лазурь 453, 467

Малаколит 422
Малахит 453, 473, 480
Мангелин 238
Мареканит 449
Мариалит 439
Мари-алмаз (кварц) 393
Марказит 482
Матарский бриллиант (бесцветный циркон) 185
Матура-алмаз (матара-алмаз) (бесцветный циркон) 371, 377
Медная лазурь 472
Медный изумруд (диоптаз) 184, 424
Мейонит 439
Мексиканский оникс (известковые отложения) 474
Меланит 354
Метакрилат 219
Метамиктный распад 372
— термин 372
Метаморфизм контактовый 222
— региональный 223
Метеориты 450
— каменные 367, 450
— металлические 450
Метилметакрилат 536
Метод минимального отклонения 90
— плавления с добавлением флюса 188
— скрещенных светофильтров 140
— точечного контакта, или наблюдения с расстояния 63
— фотографирования иммерсионного контакта 67
Микроклин 404
Миллера символы 37
Молдавит 20, 450, 451
Молочная кислота 534
Монтмориллонит 490, 491
Мооса шкала твердости 135
Морганит 316, 319, 322
Морион 386
Мороксит 412
Морская пенка 480
Мрамор 473
— египетский 473
— каррарский 473
— огненный 473
— паросский 473
— пентеликанский 473
— раковинный 473
— руинный 473
Мраморный оникс (известковый камень) 474
Муассанит 191
Мыльный камень 490
Мюллерово стекло (гиалит) 399

Наждак 178, 300, 306, 314
Научный топаз 196
Немецкая ляпис-лазурь (яшма) 456, 467
Немецкий лазурит (халцедон) 95
Неолит 471

Нептунит 416
Нефрит 106, 453, 459, 462
Нигерит 445
Николя призма (николь) 116, 117
Новый жад (бовенитовый серпентин) 466, 486
Нозеан 467

Обсидиан 20, 220, 448
— арахисовый 449
Огранка алмаза, алмазная таблица 153
— — алмазный наконечник 153
— английский бриллиант 165
— антверпенская роза 155
— багетка 166
— батон 166
— бриллиантовая 156
— бриолет 155
— бусина 151
— восьмеркой 165
— двойная голландская роза 155
— звезда Кэри 163
— звездой 165
— изумрудная 167
— кабошон 151
— крестовая роза 155
— лесенкой, или ступенчатая 166, 167
— маркиза, или челнок (наветта 166, 167
— панделок, или каплевидная 166, 167
— полуголландская роза 155
— профильная, или принцесса 169
— розой 154
— сложная звездная бриллиантовая 165
— смешанная 168
— старая американская 163
— ступенчатая 166, 167
Огранка фасетная 152
— французская 169
— хайлайт 159
— швейцарская 165
— юбилейная 164
Одонтолит 481, 482
Ойстер-Лайн, алмазоносный устричный слой 286
Октаэдрит 437, 438
Оливин 185, 265, 364—367
Оливин-гранат (андрадит) 354
Оливковое масло как смазка при распиловке алмаза 177
Олигоклаз 406, 407
Оловянный камень 418
Онгониты (магматические топазодержащие жильные породы) 335
Оникс 229, 455, 457
Опал 21, 398, 454
— аморфный 400
— арлекиновый 399
— белый 398
— благородный 399, 400, 401
— венгерский 401
— «Девоншир» 402
— древесный 399
— золотистый 399
— кристаллический 400
— огненный 399, 400, 403
— черный 398, 401
Опалесценция 77, 92, 140, 399
Определение плотности жидкости 125
Оптическая ось 83
Оптически активные вещества 123
Оранжевый лак 533
Орлец 485
Ортоклаз 404, 405
Освещение с темным фоном 113
Осевое отношение 35
Ось симметрии 24
«Отрицательные кристаллы» 114
Офиокальцит 487

Пагодит 490
Падпарадшах 197
Палингенез 221
Панцирь черепахи 494, 518, 524
Парагон (или монстр), жемчужина исключительно крупных размеров 503
Парафин как смазка при распиловке алмаза 177
Пасты стеклоподобные 137, 219
Пегматиты 221, 329
— камерные 396, 397
Пейнит 435
Пектолит 466
Пемза 178
Перидот 182, 185, 343, 364, 365, 367
Перидотиты 221, 367
— гранатовые 296
Периклаз 210
Перистерит 77, 407—409
Перламутр 496, 497
Перлитовая структура 449
Петолит 436
Пикотит 338
Пинит 490
Пиралин 535
Пиральстет 344
Пирандин 344, 352
Пирит 467, 482, 483
Пиритоэдр 483
Пироксены 423, 425
Пироп 221, 284, 299, 344, 346, 349
— богемский 350
— месторождения 350
— спектр поглощения 104
— спутник алмаза 351
— условия образования 350, 351
Пирофиллит 490, 491
Пироэлектричество 139, 143
Пистацит 427
Плавиковый шпат 476
Плагиоклазы 404, 406, 407
Плазма 224, 455
Пластасел 535
Пластмасса 526, 534
— аминовая 537
— виниловая 535
— на основе казеина 538
— термопластическая 534
Платина 180, 181
Плексиглас 537
Плеонаст 338
Плеохроизм 98
Плоскость симметрии 22
— срастания 39
Поддельный янтарь 528
«Подмигивания» эффект 118
Показатель преломления 49
— — измерение 55
— — — иммерсионным методом 116, 120
— — — призматическим методом 69
Полевые шпаты 404
Поливинилацетат 535
Поливинилбензол 536
Полимеризация 534
Полимеры 534
Полиморфизм 41
Полистирол 534, 536
Поллопас (стеклоподобная пластмасса) 538
Поллукс 436
Поллуцит 436
Полное внутреннее отражение 52, 55
Положение погасания 119
Поляризатор 117
Поляризкоп 123
Полароид 90, 96, 117
Понтиак 531
Породы изверженные 220
— осадочные 222
— основные 220
Порошковой рентгенографии метод 43
Празем («мать изумруда») 388, 397, 455

Празиолит 387, 394
«Премьер», рудник 247, 252, 277, 280, 281, 284
Пренит 436
Припой 173
Природа полиморфной поверхности 179
Прочность, или вязкость 136
Пружинные весы *Джоли* 130
Псевдоморфоза 486
Псевдофит 487
Пумпеллиит 475
Пьезокварц 396
Пьезоэлектрические свойства минералов 139
Пьезоэлектрический эффект 391, 392
Пьезоэлектричество 143
Пьемонтит 427, 428

Раковины (перламутр) александрийские 497
— бомбейские 497
— гамбийские 498
— дарвинские 498
— египетские 497
— западноавстралийские 498
— квинслендские 498
— макасарские 498
— манильские 498
— мергуйские 498
— новогвинейские 498
— оклендские 498
— панамские 498
— сиднейские 498
— таитянские 498
Расположение ионов в структуре 45, 46
Растительная слоновая кость 520
Расчет стоимости алмаза и прочих драгоценных камней 180
Ратис, мера веса 245
Резогланц 536
«Рейнер», модель микроскопа 112
— — полярископа 123
«Рейнер», модель рефрактометра 62
— — стереоскопического микроскопа 111, 113
Рейнстоун (рейнский камень), окатанная галька горного хрусталя 393
«Рельеф» вещества 65, 117
Респекс 537
Ретгера соль 129
Рефрактометр 55
— для измерения угла полного внутреннего отражения 63
— *Смита* 56
Ризалит 450
Роговая обманка 466
Роговик 455
Родицит 225, 437
Родоид 535
Родолит 105, 344, 349, 350
— спектр поглощения 105
Родонит 109, 485
— спектр поглощения 109
Родохрозит 109, 484
— спектр поглощения 109
Розовый лунный камень (скаполит) 440
Розолит 348
Рубеллит (малиновый турмалин) 183, 357, 359
Рубин 183, 300, 301
— бирманский 305, 306, 310, 311
— восстановленный 212
— «Гнага Бох» («Бог драконов») 308
— звездчатый 301, 305
— месторождения Австралии 313
— — Бирмы 309, 310, 313
— — США 313
— — Таиланда (сиамские) 312
— — Цейлона 312, 313
— «Мир» 308
— «Рубин Тимура», или «Джирах-и-Алам» («Дань мира») (шпинель) 151, 255, 341

Рубин «Рубин Черного принца» (шпинель) 151, 254, 341
— «Рубин Эдуардос» 258
— сиамский (таиландский) 305, 306, 311, 312
— синтетический, спектр поглощения 110
— спектр поглощения 103
— «Эдит Хэггин де-Лонг» 308
Рубин-балэ (красная шпинель) 183, 302, 337, 338
Рубицелл (оранжево-красная шпинель) 183, 302, 337, 338
Рутил 209, 437
— синтетический 209
Рысий сапфир (кордиерит) 301, 419
— — (синий турмалин) 301

Саксонский алмаз (бесцветный топаз) 185
— хризолит (желтый топаз с зеленоватым оттенком) 185, 335, 364
Санидин 405
Сапфир 183, 300, 301
— австралийский желтый 306
— белый 300
— бирманский 306
— «Драгоценность джунглей» 311
— желтый 300
— «Звезда Индии» 308
— звездчатый 301, 305
— зеленый 300
— кашмирский 306
— месторождения Австралии 313, 314
— — Бирмы 310, 311
— — Индии 313
— — США 313
— — Цейлона 312, 313
— «падпарадшах» («падпарадша») 300, 301
— «Полуночная звезда» 308
Сапфир розовый 300
— «Росполи» 307
— «Сапфир Святого Эдуарда» 258
— «Сапфир Стюарта», или «Сапфир Карла II» 258
— «Сапфир Хоуп» 196
— сиамский 312
— спектр поглощения 104, 106
Сапфир-кварц 388
Сапфир-шпинель 337
Сард 227, 228, 454
Сардиус 226, 229
Сардоникс 227, 228, 229, 455
Саркстоун (аметист) 394
Свет, дисперсия 53
— обычный 112
— плоскополяризованный 116
— сходящийся 121
Связи в кристаллах 43
— — — атомные 43
— — — гомеополярные (ковалентные) 44
— — — ионные 43
— — — металлические 44
— — — отстаточные (Ван-дер-Ваальса) 44
Селенит 478
Селламолд 535
Сердолик 454
Серебро 180, 181
Серный колчедан 483
Серпентин 486
Серпентиниты 486
Сиамский аквамарин (голубовато-зеленый циркон) 371, 377
— — (зеленая шпинель) 185
— циркон 377
Сиберит 357, 358
Сибирский алмаз (бесцветный топаз) 185
— рубин (турмалин) 302
— хризолит (андрадит) 354
Силлиманит 429
Симеральд 206

Симетит 530
Сингалит 364, 365, 368, 440
— спектр поглощения 108
Сингония (система) кристаллов 29
— гексагональная 29, 31
— кубическая (правильная, изометрическая) 29, 31
— моноклинная 29, 30
— ромбическая 29, 30
— тетрагональная 29, 30
— тригональная 29, 30
— триклинная 29, 30
Синий лунный камень (халцедон) 456
— шерл (гаюин) 358
Синтетические камни 187
— — не имеющие природных аналогов 210
Синтетический, определение 186
Синяя земля 278, 281, 282, 284, 294, 295
— — первичное дробление 282
— — — обогащение 282
Сириамский (сирийский) гранат (альмандин) 351
Скаполит 439
Смарагдит 424
Смарилл 218
Смитсонит 479, 487
Смола 526
— красная 532
— метакрилатная 534, 536
— природная 497, 527
— синтетическая 526, 534
— термопластическая 534
— термостойкая 537
— фенолформальдегидная 537
Снеллиуса — Декарта закон 82
Содалит 467, 488
Соколиный глаз (крокидолит) 75, 388, 395
Солнечный камень 224, 407, 409
Соссюрит 459, 466
Спайность 47, 135, 137
Спаржевый камень 412
Спектроскоп 95, 99
Спектры поглощения 99
Спессартин 344, 346, 353
— спектр поглощения 109
Сподумен 110, 442
— спектр поглощения 110
Ставролит 488
Стеатит 489, 490
Стекла-кремни 21
Стекло 214, 217
— бариевое, или цинковое 216
— берилловое 214
— боросиликатное 216
— голубое, спектр поглощения 111
— зеленое, спектр поглощения 111
— кварцевое 448, 452
— красное, спектр поглощения 111
— оконное, или бутылочное (кронгласс) 215
— опаловое 215, 216
— определение 19, 20
— природное 448
— свинцовое 216
— титановое 216
— фосфорное, или фтористое 216
Стеклорез 270
Стеклянная пластинка 116
Стирийский жад (псевдофит) 487
Стирол 536
Стихтит 491
Страз 216, 217
«Стрелы Амура» 388
Стрилиан 211
Структура сферолитовая 449
Сукцинит 529
Сфалерит 416
Сфен 440

Тавмавит (хромэпидот) 427
Тальк 489
Танзанит 447, 453
Таффеит 444
Твердость 135
Тектит 20, 448, 450
Тенит 535
Теория света *Гюйгенса* 80
Термолюминесценция 140
«Тигровый глаз» (кварц) 384
— — (крокидолит) 75, 388, 395
Титанат стронция 210
Титанит 440
Титания 209
Томсонит 491
Топаз 183, 330
— «Браганза» 333
— бразильский 184, 330
— месторождение Шнекенштейн в Саксонии 335
— месторождения Африки 336
— — Бразилии 335
— — СССР 335
— — США 336
— — Японии 335, 336
— пироэлектрический эффект 332
— розовый, спектр поглощения 105
— флюоресценция 332
Топаз-кварц (желтый кварц) 184
Топазолит 354
Трансваальский жад (вардит) 466
— — (гидрогроссуляр) 466
— — (гроссуляр) 348
— — (гранат) 185
Тремолит 460
Трепел 178
Триболюминесценция 140, 226, 456
Тридимит 388
Триморфное вещество 42
Триплет 218
— опаловый 218
Трихроизм 98
Тройская унция 146
Тролетул 536
Тугтупит (олений камень) 492
Туле раствор 129
Тулит 446, 453
Турмалин 357
— арбузный (зональные кристаллы) 358
— месторождения 361, 362
— спектр поглощения 110
Турмалиновая пластинка 96, 117
Тяжеловес 183, 386
Тяжелые жидкости 124

Уваровит 344, 346, 355
Угол падения 50
— полного внутреннего отражения 52, 55
Уграндит 344
Удельный вес 124
— — пикнометрический метод определения 132
Уксусная кислота 534
Ультрабазиты 221
Уолдерит 197
Уральский изумруд (зеленый гранат с Уральских гор) 184, 343, 354
— оливин (андрадит) 354
— хризолит (андрадит) 354
Утилекс 535

Фабулит 211
Фальзе ляпис-лазурь (яшма) 467
Фальшивый лазурит (халцедон) 95
Фароид 535
Фаялит 364, 365
Федорова символы 37
Фенакит 203, 435
Фибролит 429, 466

Фигура интерференции 121
Филиппинит 450
Фиолетовый шерл (аксинит) 358
Флинтгласс 216
Флюоресценция 140, 142, 143, 477
Флюорит 476
Форстерит 364, 365
Фосфатные отложения 413
Фосфоресценция 140
Фторапатит 412, 481

Халцедон 388, 396, 454, 456, 457
Хеколит 535
Хиастолит 411
Хлорапатит 412, 481
Хлорастролит 475, 491
Хлоромеланит 461, 464
Хлорошпинель 338
Хризоберилл 185, 198
— спектр поглощения 107
— «Хризоберилл Хоуп» 260, 381
Хризоколла 475
Хризолит 182, 185, 343, 354, 364, 365
— (гранат) 343
— спектр поглощения 108
Хризопраз 230, 455—457
Хризотил 487
Хромдиопсид 423
Хромит 338

Цвета интерференции 119
Цейлонит 338, 340
Цейлонский алмаз (бесцветный циркон) 185
— перидотит (медово-желтый турмалин) 357
— рубин (альмандин) 352
— хризолит (медово-желтый турмалин) 357
Целастоид 535
Целлулоид 494, 530, 534, 535
Целлюлоза 534
Центр симметрии 22
Цеолиты 436
Цимофан 378, 379
Цинкит 446
Цинковая обманка (сфалерит) 416
Циприн 431
Циркон 370
— метамиктный 373, 374
— нормальный 372
— промежуточный 374
— спектр поглощения 102, 375
Цирконит 370
Цитрин 330, 385, 387, 394
Цоизит 427, 446

Челси фильтр 93, 201, 322
Чохральского метод 188, 211

Швейцарская ляпис-лазурь (яшма) 456, 467
Швейцарский лазурит (халцедон) 95
Шеллак 532
— белый 533
Шерл 357, 358, 359
Шессилит 472
Шлифовальный круг 178
Шотландские гальки (агат) 457
Шотландский топаз (кернгорм) 386
Шпинелевые двойники 339
Шпинель 185, 337
— голубая 201
— — спектр поглощения 108
— красная 337
— — спектр поглощения 104
— месторождения 342
— оранжевая 337
— синтетическая 201
— — спектр поглощения 110
— спектр поглощения 340

Шпинель-рубин (красная шпинель) 337, 341

Щелочные полевые шпаты 404

Эвклаз 428
Эканит 425
Эклогит 296, 297, 299
Элементарная ячейка 35, 36
Эли-рубин (пироп) 349
Эллипсоид вращения 84
Эльбаит 359
Эмеральдин (халцедон) 456
Эмерит 206
Энантиоморфизм 32, 40, 48
Эндоскоп 505, 512
Энстатит 108, 425
— спектр поглощения 108
Эпидот 107, 427
— спектр поглощения 107
Эриноид 530, 538
Эссонит 347
Эфинофол 535
Эфиры 536

Юннаньский жад (жадеит) 462
Юталит 492

Яванит 450
«Ягерсфонтейн», рудник 249, 251, 280, 284
Янтарь 494, 526, 527
— прессованный 530
Яспис 226, 227, 228
Яшма 454, 457
— египетская 454
— полосчатая 454

Содержание

Предисловие редактора перевода 5
Предисловие к английскому изданию 11
1. Введение 13

I. Физические характеристики

2. Форма и структура кристаллов 19
3. Отражение, преломление и дисперсия света 48
4. Измерение показателей преломления 55
5. Блеск и игра камня 74
6. Двупреломление 79
7. Цвет, дихроизм и спектры поглощения 92
8. Микроскоп 112
9. Удельный вес 124
10. Другие физические свойства 135

II. Технология обработки и история

11. Единица веса 144
12. Обработка драгоценных камней 150
13. Названия камней 182
14. Синтетические камни 187
15. Имитация камня 214
16. Образование и географическое распространение драгоценных камней. 220
17. Библейские камни 226
18. Исторические камни 233

III. Описание

A. Главные драгоценные камни

19. Алмаз 262
20. Месторождения алмаза 273
21. Происхождение алмаза 293
22. Корунд 300
23. Берилл 316
24. Топаз 330
25. Шпинель 337
26. Семейство гранатов 343
27. Турмалин 357

28. Оливин (хризолит) и сингалит 364
29. Циркон 370
30. Хризоберилл 378
31. Кварц 384
32. Опал 398
33. Семейство полевых шпатов 404

Б. Другие драгоценные материалы

34. Прочие драгоценные камни 410
35. Природное стекло 448

В. Декоративные камни

36. Халцедон 454
37. Жад, лапис-лазурь и бирюза 459
38. Другие декоративные камни 472

Г. Органогенные материалы

39. Жемчуг 495
40. Слоновая кость, кораллы, гагат и панцирь черепахи 518
41. Смолы 526

IV. Таблицы для определения драгоценных камней

539

Список литературы 556
Предметный указатель 566

Уважаемый читатель!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу: 129820, Москва, И-110, ГСП, 1-й Рижский пер., д. 2, издательство «Мир».

Г. Смит
ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ

Ст. научный редактор М. Е. Яковенко
Мл. научный редактор А. В. Шмыряева
Художник Д. А. Аникеев
Художественный редактор Б. Н. Юдкин
Технический редактор Л. П. Чуркина
Корректор В. И. Постнова

ИБ № 2135

Сдано в набор 04.12.79. Подписано к печати 18.04.80. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага типографская № 1. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая.
Объем 19,50 бум. л. Усл. печ. л. 39,00 + в т/ч. 2 п. л. вкл. Уч.-изд.
л. 39,82. Изд. № 5/0457. Тираж 120 000 экз. Зак. № 944.
Цена 3 руб. 30 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
Москва, 1-й Рижский пер., 2.

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-54, Валовая, 28

Предварительные заказы на книги издательства «Мир» можно оформить по следующим адресам:

— в фирменной секции издательства в Московском доме книги (121019 Москва, просп. Калинина, 26, п/я 42, магазин № 200);

— в фирменной секции издательства в Ленинграде (191040 Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5 «Техническая книга»);

— в магазинах — опорных пунктах издательства «Мир»:

480003 Алма-Ата, ул. Гоголя, 109, магазин «Прогресс»;
232000 Вильнюс, просп. Ленина, 29, магазин «Техника»;
603000 Горький, просп. Ленина, 11, магазин № 24;
252001 Киев, Крещатик, 44, магазин № 12;
630091 Новосибирск, Красный просп., 60, магазин № 7;
620014 Свердловск, ул. Малышева, 31-а, магазин № 8 «Техника»;
634050 Томск, пер. Батенькова, 5, магазин № 2,

а также во всех магазинах, распространяющих научно-техническую литературу. Там же вы можете приобрести книги, уже вышедшие в свет (в том числе через отделы «Книга — почтой»).

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
выпускает в 1981 году
следующие книги

Воган Д., Крейг Дж.

Химия сульфидных минералов
Пер. с англ.— 35 л.— 4 р. 90 к.

Приведены новейшие данные о строении, составе и генезисе сульфидов и сульфосолей — важнейших минералах медно-никелевых, колчеданных, полиметаллических, золото-серебряных, сурьмяно-ртутных и других месторождений. По существу — это хороший справочник по минералогии природных сульфидов, их физическим и термохимическим свойствам, парагенезисам в эндогенных месторождениях, а также по различным методам исследования этого класса соединений.

Для геологов, минералогов и геохимиков, занимающихся изучением рудных месторождений.

Файф У., Прайс Н., Томпсон А.

Флюиды в земной коре

Пер. с англ.— 25 л.— 3 р. 60 к.

Систематическое изложение обширных современных данных о составе флюидов и их физическом состоянии в зависимости от температуры и давления, о растворимости минералов во флюидах различного состава. Сделаны интересные выводы о геологической приложимости этих данных при рассмотрении вопросов диагенезиса, метаморфизма и магматизма.

Для геологов широкого профиля, минералогов, петрографов, а также преподавателей, аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

3261