

Н. И. Корнилов, Ю. П. Солодова

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ



Н. И. Корнилов, Ю. П. Солодова

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Под редакцией
д-ра геол.-минер. наук
Н. И. ГИНЗБУРГА

3810



МОСКВА "НЕДРА" 1982



Корнилов Н.И., Солодова Ю.П. Ювелирные камни. Под ред. Н.И. Гинзбурга. М., Недра, 1982, 239 с.

Описаны наиболее известные ювелирные камни: алмаз, корунд, хризоберилл, берилл, шпинель, гранат, топаз, турмалин, хризолит, кварц, благородный опал, бирюза, жадеит, нефрит, лазурит, малахит, родонит, пироксены, полевые шпаты, органогенные камни (жемчуг, янтарь, коралл, гагат), некоторые новые и редкие ювелирные камни. Для каждого камня приведены минералогическое описание, состав, свойства, история открытия месторождений и их типы. Даны сведения о синтетических аналогах природных камней. Работа иллюстрирована цветными фотографиями.

Для минералогов, геологов, ювелиров.

Табл. 13, ил. 68, список лит. — 50 назв.

Рецензент —

д-р геол.-минер. наук Н.И. Гинзбург (ВИМС)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ювелирными камнями в настоящее время принято называть все используемые в ювелирных целях камни.

Советский Союз — одна из самых богатых ювелирными камнями стран. Алмаз, берилл, изумруд, александрит, топаз, хризолит, циркон, различные гранаты, турмалины, аметист, цитрин, горный хрусталь, сердолик, хризопраз, другие цветные халцедоны, агаты, авантюрин, амазонит, лабрадор, малахит, лазурит, родонит, нефрит, чароит и др. встречаются в недрах нашей страны.

Человек всегда интересовался драгоценными камнями. Вначале его привлекала только красота камня, совершенные формы кристаллов, их блеск и окраска. Позже стали использоваться некоторые физические свойства камня — твердость, способность раскалываться на тонкие острые пластинки, их абразивные свойства. В более поздние времена их стали ценить за редкость и долговечность. В результате были сформулированы три основных положения, позволяющие считать природные камни-минералы драгоценными: красота, износостойкость и уникальность.

С развитием горнодобывающей промышленности круг драгоценных камней, применяемых в ювелирных изделиях, расширялся. В настоящее время используется около 200 разновидностей природных ювелирных камней, однако широкое применение имеют немногие из них. Алмаз, бирюза, опал, рубин, сапфир, жемчуг, изумруд, гранат, топаз, прозрачные разновидности кварца — такова последовательность использования в ювелирных изделиях драгоценных камней в настоящее время за рубежом. Они составляют более 75 % от общего объема камней, применяемых в ювелирных изделиях, а на долю остальных 190 приходится всего лишь около 25 %.

В советской литературе прекрасные книги о ювелирных камнях написал А.Е. Ферсман [37, 39]. В последнее время вышел ряд монографий, в том числе Е.Я. Киевленко и др. (1974, 1976 гг.), В.И. Соболевского (1970 г.), Е.Я. Киевленко (1980 г.), переиздана книга А.Е. Ферсмана "Рассказы о самоцветах", опубликованы переводные работы Г. Смиты "Драгоценные камни" (1980 г.) и Г. Банка "В мире самоцветов" (1979 г.). Появились монографии и по отдельным камням: об алмазах — Ю.Л. Орлова (1973 г.), янтаре — С.С. Савкевича (1970 г.) и В.С. Трофимова (1974 г.), ювелирных разновидностях кремнезема — В.Г. Балакирева, Е.Я. Киевленко и др. (1979 г.), яшмах — Г.П. Барсанова и М.Е. Яковлевой (1978 г.), атлас В.Б. Семенова (1979 г.), о синтетических ювелирных камнях — В.С. Балицкого и Е.Е. Лисицыной (1981 г.) и др. Интерес читателей к книгам о ювелирных камнях весьма велик, а вышедшие книги и монографии в основном рассчитаны на геологов, ведущих

поиски и разведку месторождений этих камней. Исключение представляют собой книги Г. Банка и Г. Смита, в которых использованы материалы по зарубежным месторождениям.

В данной работе, при подготовке которой учтен опыт преподавания минералогии алмаза, драгоценных и поделочных камней на кафедре минералогии и геохимии Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе — единственной в стране выпускающей специалистов-геомологов, описана история применения ювелирных камней, разобраны их классификации, указаны методы диагностики и аппаратура, используемая для этих целей. Описаны свойства важнейших ювелирных камней, их происхождение, а также области применения. В работе приведены краткие сведения по обработке ювелирных камней.

В книге описаны современные методы синтеза камней и важнейшие синтетические ювелирные камни — аналоги природных камней — и новые (например, ИАГ, фабулит и др.) материалы, не имеющие природных аналогов. Уделено внимание методике отличия природных ювелирных камней от их синтетических аналогов. Это стало особенно важным в связи с развитием синтеза ювелирных камней. В настоящее время разработаны промышленные методы изготовления практически любых ювелирных камней, свойства которых ничем не отличаются от природных, а качество гораздо выше. Однако синтетические камни в десятки, а некоторые и в сотни раз дешевле природных камней. Так, например, 1 кар природных рубинов стоит от 1200 долл. до 29 тыс. долл., а синтетических — до 3—6 долл. Один карат природных сапфиров хорошего качества и цвета стоит 5 тыс. долл., а синтетического — 5 долл. В связи с этим правильная диагностика ювелирного камня имеет важное значение.

Порядок описания ювелирных камней в основном соответствует общепризнанным современным классификациям. Вначале описаны наиболее ценные камни, часто называемые драгоценными: алмаз, корунды, бериллы; затем менее ценные: хризоберилл, опалы, гранаты, шпинель, топаз, турмалин, полевые шпаты, циркон, хризолит, бирюза, кварц и его разновидности; далее — камни, известные как ювелирно-поделочные или поделочные: лазурит, жадеит, нефрит, малахит, чароит, родонит; ювелирные камни органического происхождения: янтарь, жемчуг, коралл, гагат и камни, редко применяемые в ювелирных изделиях: апатит, клиногумит, эвклаз, фенакит, скаполит, родохрозит, бенитоит и др.

Вопросам геологии и нахождения ювелирных камней в природе в книге уделено меньше внимания, так как они подробно рассмотрены в работах Е.Я. Киевленко, А.Н. Гаврилова и Н.Н. Сенкевича (1974, 1976 гг.).

Книга иллюстрирована цветными и черно-белыми photographиями. Авторы выражают глубокую признательность Ю.В. Тимофеевой и М.Б. Виноградову за изготовление photographий образцов камней и ювелирных изделий.

Большую помощь авторам оказал при редактировании рукописи профессор Н.И. Гинзбург. Авторы благодарят его за оказанную помощь и ряд дополнений и изменений в отдельных разделах книги.

Ювелирные камни в прошлом и настоящем

История применения ювелирных камней

С древних времен камень привлекал внимание человека. Вначале он служил орудием труда и использовался как оружие на охоте. В обнаруженных поселениях древнего человека в СССР на Южном Урале найдены многочисленные изделия из яшмы и хрусталя — ножи, топоры, скребки, наконечники для копий и стрел и т.п.

Первоначально камни подбирали с поверхности земли, а с неолита начали их добычу. Древние подземные разработки кремней найдены во Франции, Англии, Польше, Швеции, на о. Сицилия и в других местах. Во времена неолита наряду с различными разновидностями кварца стали использовать нефрит, жадеит, обсидиан и другие, твердые или вязкие минералы, образующие при сколе острые режущие кромки.

У некоторых народов нефрит служил материалом для изготовления оружия почти до настоящего времени. Так, в Новой Зеландии еще немногим более ста лет тому назад из нефрита делали наконечники для стрел.

В эпоху неолита камень играл еще одну важную роль — он был предметом религиозного поклонения. Из красивых блестящих кристаллов определенной формы делали амулеты, вырезали фигурки богов. Кроме того, камни шли на изготовление украшений. Так, на неолитических стоянках рядом с каменными орудиями труда и охоты археологи находят украшения из цветной гальки, кристаллов кварца и раковин. А.Е. Ферсман писал: "Яркие краски речной гальки, прозрачность горного хрусталя, красота самоцвета не могли не привлечь внимания человека. Появился новый стимул для изучения камней, и человек начинает предпринимать далекие странствования в поисках их" [41].

Не потерял своего значения цветной камень и в дальнейшем. По мнению индийского минералога Рао Бохадур, изумруды в Индии стали известны за 2 тыс. лет до н.э., сапфиры и рубины Цейлона (Шри-Ланки) за 600 лет до н.э., а алмазы Индии за 1000—500 лет до н.э. Добыча драгоценных камней, по-видимому, являлась одним из самых древних промыслов. Известно, что бирюзу добывали на Синайском полуострове за 3400 лет до н.э. Художественные изделия с лазуритом, амазонитом, гранатом, изумрудом, аметистом находят в захоронениях Древнего Египта. В горах Африки на берегу Красного моря добывали изумруды (2000 лет до н.э.) в копиях, позже названных "копиями Клеопатры".

В гробнице Тутанхамона найдено множество украшений, отделанных бирюзой и лазуритом. Жук-скарабей на нагрудной подвеске фараона вырезан из зеленого камня.

Из красивых твердых камней вырезали печати, на которых, по свидетельству Геродота, изображали богов, эпизоды сражений и т.д., символы профессии человека. В 2100—1800 гг. до н.э. в Египте стали делать печати сложных форм, изготовленные в виде священных жуков-скарабеев.

Во времена крито-микенской культуры (XXI—XIV вв. до н.э.) были широко распространены резные перстни-печатки, а также оружие и посуда, украшенные цветными камнями. В одной из гробниц найден кубок, вырезанный из целого куска горного хрусталя.

В индийских Ведах (XI—X вв. до н.э.) упоминаются многие драгоценные камни. Древние индийцы считали, что драгоценные камни — это капли крови борющихся на небе богов; кровь падала на песок священного Ганга и превращалась в рубины и гранаты.

Древние индусы считали, что драгоценные алмазы образуются из "пяти начал природы": земли, воды, неба, воздуха и энергии. Алмазы, как и население Индии, подразделялись на четыре класса-касты: брахманы — чистые, бесцветные октаэдрические кристаллы, шатрии — окрашенные в красноватые тона, войшье — зеленоватого цвета, шудры — серые.

В Древней Индии особо ценили камни красного цвета, на Среднем Востоке — синие, а в Древнем Египте — зеленые. Возможно, это связано с тем, что такого цвета драгоценные камни добывали в этих странах.

Один из древних самоцветов — янтарь. Плиний Старший писал, что в Скифии встречаются "золотистые горящие камни", которые добывали на территории современных Украины и Белоруссии, а также на побережье Балтийского моря. По древним торговым путям янтарь попадал в Западную Европу, Индию и даже Китай. В VIII—X вв. в ряде стран янтарные пластинки и изделия служили эквивалентом золотых и серебряных монет.

В VII в. до н.э. в Древней Греции зародилось искусство глиптики — резьбы по камню. Материалом для изготовления гемм первоначально служили различные разновидности кварца — сердолик, яшма, сардер, горный хрусталь, празем и др., в более поздний период (II—I вв. до н.э.) — гранат, изумруд, а также многослойные камни — сардоникс, оникс и др.

Античные мастера на камне вырезали сцены из мифологии, изображения богов и мифических героев, портреты правителей, победителей Олимпийских игр и т.д. Камни и сюжеты соответствовали назначению.

Так, траурные геммы изготавливали из черных камней, на которых часто вырезали Прозерпину, похищенную богом мира умерших Аидом; свадебные геммы делали из сердолика, часто с изображением Амура и Психеи — символом верной любви. На аквамарине вырезали морские сюжеты или фигурки Нептуна и Тритона, на аметисте, который якобы предохранял от опьянения, — бога веселья и виноделия Диониса (Бахуса). Юристы и судьи носили геммы из кроваво-красной яшмы.

В Государственном Эрмитаже в Ленинграде находится уникальная коллекция античных гемм [22]: "Геракл и Гидра" и "Упражнение на коне" (VI в. до н.э.), "Атлет с гантелями" (V в. до н.э.), "Гоплитодром" и "Атлет с оружием" (IV в. до н.э.). Прекрасны вырезанные на сердолике

геммы, на которых изображены Зевс и Леда, богиня победы Ника на колеснице, Психея и Эрот. Изумительны по красоте геммы знаменитого Хеосида на яшме — "Цапля с кузнечиком", "Лошадь-победительница", "Летящая цапля" и др. Эти камеи представляют собой великолепные художественные произведения — живопись на камне. В Эрмитаже хранится великолепная гемма из сардоникса с портретом Александра Македонского работы выдающегося мастера резьбы по камню Пирготеля.

Всемирную известность приобрела вырезанная на трехслойном ониксе "Каменя Гонзага" (III в. до н.э.), на которой изображен парный портрет египетского царя Птолемея и его жены Арсинои (рис. 1). Великолепный резчик мастерски использовал различный цвет слоев оникса. Фоном служит темно-коричневый нижний слой, на котором контрастно выделяются белое с голубоватым оттенком лицо Арсинои, ее шея, плечо, а также гребень шлема Птолемея. Лицо царя более светлое и резко отличается от лица царицы — как будто загорелое, мужественное. Из верхнего коричневого слоя вырезаны шлем, волосы и эгида Птолемея. Длина камеи около 16 см, ширина 12 см. Эта гемма была подарена императору Александру I Жозефиной Богарнэ в 1811 г.

В VI в. до н.э. возникло самобытное этрусско-италийское искусство резьбы по камню, для которого характерен более пышный, помпезный стиль.

История сохранила имена наиболее известных древних мастеров резьбы по камню: Пирготеля, Апполонида, Кронида, Аспазия, Афениона (II в. до н.э.), Диоскорида. Многие музеи современности бережно хранят в своих коллекциях бесценные творения древнего мира — камеи и инталии.

В Берлине хранятся геммы: на сердолике с портретом Помпея и на ониксе с изображениями Цербера и Геркулеса. В Париже в кабинете гемм Французской национальной библиотеки экспонируется ряд драгоценных античных камей: Амфитрида, плывущая по волнам на морском быке (работа Гликона), изображение Пелопса с конями Нептуна, "Психея" и ряд других, а в Парижском музее — геммы Диоскорида "Голова Маченаса" на аметисте и "Персей" на сердолике.

В Древнем Риме большой популярностью пользовались разнообразные ювелирные изделия с драгоценными камнями. М.И. Пыляев [26] пишет,



Рис. 1. Каменя Гонзага. Трехслойный оникс.

что римский император Аврелий первый украсил свою голову короной. Жена Калигулы на торжественные приемы надевала драгоценностей на сумму 40 млн. сестерций.

На территории СССР самые древние ювелирные изделия с драгоценными камнями найдены в Грузии (захоронения XV в. до н.э. у г. Триалети, Ахалгорийский клад VI–V вв. до н.э.), Армении, Азербайджане. Обнаружены разнообразные украшения — браслеты, перстни, серьги, ожерелья и т.д. с сердоликом, агатом, бирюзой, лазуритом. На побережье Черного моря, там, где с V в. находились греческие города-колонии, также обнаружено большое число украшений с горным хрусталем, аметистом, халцедоном и другими цветными камнями. Манера исполнения, сюжеты и выбор камней свидетельствуют о сильном влиянии культуры Древней Греции.

В период I в. до н.э. — I в. н.э. на территории нынешней Белоруссии, в Полесье, у древних славянских племен уже были украшения из драгоценных камней. Так, при раскопке захоронения у с. Велемичи обнаружено ожерелье из синих и зеленых камней.

В других районах европейской части СССР сказывалось влияние культуры Средней Азии — Ирана, Хорезма, государств Кавказа. Так, например, при раскопках захоронений, относящихся к V–VIII вв., в районах Прикамья найдены украшения — бусы, ожерелья и браслеты из горного хрусталя, плазмы, празема, а также бирюзы и лазурита — излюбленных камней Востока.

Обработка цветных драгоценных камней в древние времена была несложной. Как правило, она ограничивалась обкалыванием камня, резкой, шлифовкой и полировкой. В раннем средневековье обработка ювелирных камней усложняется; камень вначале шлифовали на мелкозернистом песчанике, а затем полировали на свинцовой плите с кирпичной мукой или толченым мелким горным хрусталем. В результате получали выпуклые камни с блестящей поверхностью, похожие на современные кабошоны. Обработанные таким образом камни применялись в разнообразных изделиях: ими украшались чаши и кубки, оружие, сбруи, церковная утварь и одежда. Чаще всего в изделиях XII–XIII вв. применялись аметисты, горный хрусталь, сердолик, изумруды, сапфиры, бирюза. Так, в Государственном Эрмитаже хранятся реликварии, распятия, складены и другие изделия Франции и Германии XII–XIII вв., которые отделаны перечисленными драгоценными камнями.

В XIV–XV вв. в Западной Европе культура и техника обработки цветного камня значительно возросли. С 1327 г. в Брейсгау (Германия) начали работать "шлифовальные мельницы" с водяным или ручным приводом, в 1350 г. такая же мельница была построена в Праге, в 1385 г. — в Нюрнберге, а затем и в Идар-Оберштейне. В 1400 г. немецкие мастера появились в Париже, где в 1456 г., видимо, впервые начали обрабатывать алмаз алмазным порошком.

В странах Европы до XV в. искусство глиптики не развивалось, хотя камеи и инталии античных времен пользовались неизменным успехом. М.И. Пыляев [26] пишет, что Карл Великий геммой с изображением Юпитера скреплял документы, а Пипин Короткий для этих целей использовал гемму с изображением Бахуса.

Эпоха Возрождения оказала значительное влияние на развитие ювелирного искусства. Искусство гилитики в Италии вновь возродил Иоанн Бернарди (1555 г.). Произведения Бернарди свидетельствуют об его большом художественном вкусе — они не отличались от античных гемм. Преемниками его были Доминико де Камеи из Неаполя и Кольдорэ во Франции.

В это же время жил и работал знаменитый художник-ювелир Бенвенуто Челлини, создавший великолепные образцы ювелирных изделий из золота, эмали и драгоценных камней. Многие его работы хранятся в музеях Вены, Парижа и других городов. По рисункам известных итальянских живописцев Гиберти, Гирландайо и др. были созданы уникальные ювелирные изделия — перстни, браслеты, застёжки, пояса с многофигурными сценами. В Милане покрывают резьбой сосуды из хрусталя и других цветных камней. Там же были изготовлены великолепные столешницы из различных цветных камней, находящиеся ныне в Эрмитаже. Мастера Милана и Флоренции использовали для столешниц жадеит, лазурит, малахит, аметист, яшмы, агат и др. В Италии цветными камнями украшали оружие. Для этих целей использовали лазурит, сердолик, яшму, бирюзу, гранат, агат и др.

В Германии также развивается ювелирное дело. Крупнейшие художники начала XVI в. Дюрер, Гольбейн-младший и др. создают рисунки ювелирных изделий, по которым мастера Нюрнберга, Аугсбурга и других городов изготовляли драгоценные изделия. Великолепным резчиком по камню считался Лука Килиан, которого называли немецким Пирготелем.

В это же время в ряде стран появляются первые кабинеты минералогии. Существует предположение, что в 1600 г. в Париже была разработана технология огранки алмаза в форме бриллианта. Однако Э. Брутон [46] считает, что первые бриллианты были изготовлены раньше в Венеции В. Перуччи.

В эпоху Возрождения резные изделия из кварца и его разновидностей становятся предметом коллекционирования. Знаменитый поэт Италии Петрарка считался одним из первых крупных коллекционеров античных гемм. Примечательно, что в резьбе по камню в течение нескольких веков преобладал античный стиль. В XVIII в. искусство камнерезания стало развиваться во многих странах. Наиболее интересны геммы конца XVIII в. английских резчиков Уильяма и Чарльза Браунов, богатая коллекция которых хранится в Эрмитаже. Брауны выработали свой стиль подражания античным мастерам. Чаще всего они применяли сердолик, сардо-



Рис. 2. Инталия "Марс и Беллона". У. и Ч. Брауны. Светло-красный сердолик. Размер 3,6 x 3 см



Рис. 3. Камень "Аллегория победы над турецким флотом". У. и Ч. Брауны. Сардоникс.

никс, оникс, горный хрусталь, кахалонг и другие разновидности кварца.

В известной инталии "Марс и Беллона" (рис. 2) мастерски использована разнообразная окраска камня, в результате получилось глубокое объемное изображение. Очень интересна камея "Аллегория победы над турецким флотом", выполненная на трехслойном (синем, коричневом, белом) сардониксе (рис. 3). На темно-коричневом фоне с синим просветом вырезана белая фигура Екатерины II в образе богини победы Минервы, перед которой преклонил колени янычар,

олицетворяющий поверженную Турцию. Над Екатериной — парящая фигура Славы. Резьба тонкая, прекрасно передана объемность изображения.

В XVIII в. появились русские резчики гемм: С.В. Васильев, О.А. Алексеев, Раевский, Уткин, работы которых экспонировались в Академии художеств в Петербурге.

В XVII—XVIII вв. в Западной Европе цветные драгоценные камни стали использовать и для изготовления различных настольных украшений — шкатулок, статуэток, письменных приборов, часов и т.п. В Эрмитаже хранится ряд настольных украшений французских ювелиров XVII—XVIII вв., усыпанных рубинами, сапфирами, бриллиантами, изумрудами, бирюзой, гранатами, горным хрусталем, халцедонами.

Огромные ценности были собраны в сокровищницах владык Востока. В Китае был построен летний дворец богдыхана, в котором хранились драгоценности, накопленные за многие столетия. Среди них — макет дворца из золота длиной около 5 м и шириной 3,6 м с деревьями, листьями и цветами из изумрудов, алмазов и рубинов. Правитель Индии Великий Могол обладал несметными богатствами, среди которых было несколько золотых тронов — алмазный, изумрудный, рубиновый, сапфировый и павлиний, украшенный алмазами массой до 300 кар каждый и жемчужинами до 50 кар.

Геологические условия европейской части России резко отличались от условий Западной Европы, Средней Азии и Среднего Востока, что сказалось на развитии культуры применения цветного камня. А.Е. Ферсман писал, что "хорошего каменного материала в нашей стране было мало в противоположность Западу, где культура камня возникла вокруг прекрасных и многочисленных месторождений его... И хотя на Западе на смену палеолиту пришел век полированного камня, у нас в России все еще очень долго применялись грубо обтесанные кремни — грубые изделия старого палеолитического типа, причем из-за отсутствия месторождений хорошего кремня широко использовались некоторые другие горные породы (кварциты, песчаники, граниты и т.д.)" [36, с. 8].



Рис. 4. "Шапка Казанская". Золото, топаз, альмандин, бирюза, жемчуг и др. 1562 г.

Ассортимент каменного материала в нашей стране рос медленно — кварцит, кварц, халцедон, кремнь и яшмы — вот в основном те минералы, которые применяли у нас.

А.Е. Ферсман [36] писал, что "в то время когда в районах Средиземноморья уже зарождалось научное естествознание в трудах Теофраста, Аристотеля и Плиния, в нашей стране медленно и сложными путями, в борьбе с трудными природными условиями, тысячелетиями развивалась культура камня: кремнь и кварцит на Руси, обсидиан в Армении, нефрит (или змеевик) в Сибири, пиррофиллит на Украине — всюду в сочетании с наступающей и побеждающей культурой меди и бронзы".

Первые данные по минералогии изложены в "Изборнике Святослава" (1073 г.), в котором были описаны свойства камня: цвет, твердость, цена, а также якобы лечебные свойства. В средние века использовали на Руси янтарь, светлый аметист с Кандалакшского залива, речной жемчуг; из Закавказья проникал обсидиан, гагат, мраморный оникс, из Средней Азии везли лал, лазурит и бирюзу.

В XIV—XVI вв. появляются символы верховной власти — короны, скипетр, держава, царский жезл, которые также обильно украшали камнями. В Оружейной палате Московского Кремля хранится уникальное произведение ювелирного искусства — "Шапка Мономаха". Навершие шапки украшено крестом с крупными жемчужинами и изумрудом. Верх обильно покрыт драгоценными камнями — рубинами, изумрудами, сапфирами, турмалинами и жемчугом. "Шапка Мономаха" — символ высшей государственной власти и ею венчали на царство всех московских великих князей.

Большой популярностью пользовались драгоценные камни на Руси в XV—XVI вв. Иван III (1462—1505 гг.) разрешил иностранным купцам свободно торговать драгоценностями. Русский историк Валуев пишет, что "он усугубил сокровища, приумножил пышность двора своего". Огромные богатства собрал Иван Грозный. Его сокровищница была наполнена изделиями с бирюзой, кораллами, рубинами, сапфирами, изумрудами и др. В честь покорения Казани в 1552 г. была изготовлена "Шапка царства Казанского". В ней сочетаются восточное и русское искусство. Золотая тулья вытянута вверх, на ней резной орнамент с кокошниками в русском стиле, а отделана она бирюзой, жемчугом и гранатами — излюбленными камнями Востока. Венец шапки был ранее украшен красной китайской шпинелью, которая в 1627 г. была заменена крупным желтым топазом с двумя жемчужинами (рис. 4).

При царском дворе работали иностранные ювелиры, которые в 1627—1628 гг. изготовили "Большой наряд" — скипетр, державу и венец (рис. 5). Золотой венец украшен типично русскими теремками с драгоценными камнями — изумрудами, сапфирами, гранатами, жемчугом и др., на вершине — крупный изумруд. Держава представляет собой большой обильно усыпанный синими, красными и зелеными драгоценными камнями золотой шар с высоким крестом. Скипетр покрыт тончайшей резьбой, эмалью и отделан цветными камнями, сверху — изумруд и две большие жемчужины.

В конце XVII в. русскими мастерами было изготовлено несколько

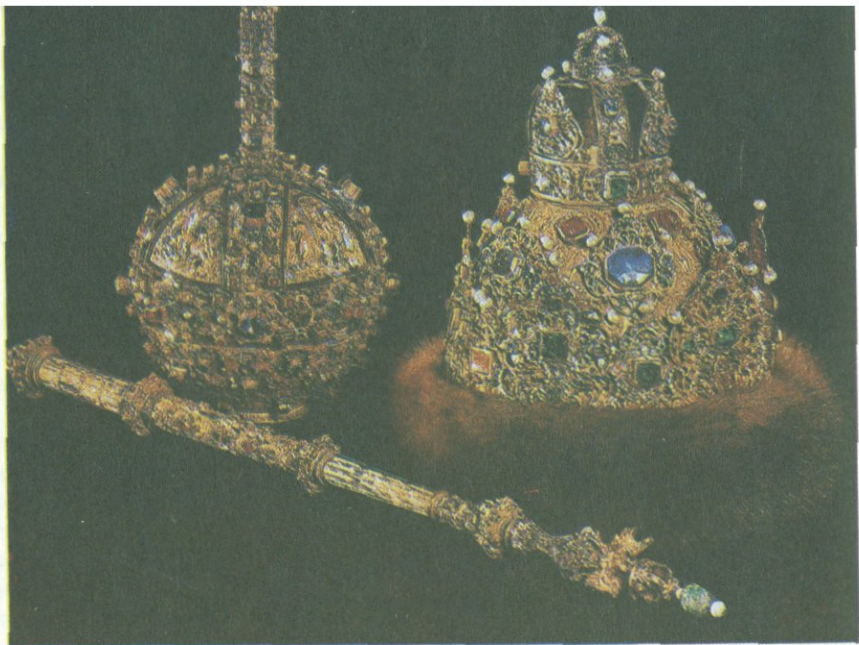


Рис.5. "Большой наряд" — венец, скипетр, держава. П. Алейдарх, Е. Ардинов, И. Аренс и др. 1627–1628 гг.

уникальных регалий — "Шапка Мономаха второго наряда", две "Алмазные шапки", новые держава, скипетр, посох, бармы и другие изделия, хранящиеся в Оружейной палате. В 1730 г. была сделана корона для русской императрицы Анны Иоановны, для которой использовали 2536 бриллиантов и более 20 крупных цветных драгоценных камней. На вершине короны укреплен крупный турмалин и крест с бриллиантами (рис. 6).

В Оружейной палате Московского Кремля экспонируются разнообразные изделия, оружие, одежда и утварь, принадлежащие русским царям, князьям и боярам. Среди них — скипетр, вырезанный из кристалла аквамарина, государственный щит России с бляхами из горного хрусталя с изумрудами и рубинами. Там же хранятся царские троны, обильно украшенные самоцветами: трон Бориса Годунова, отделанный бирюзой, жемчугом и др., кресло-трон Михаила Федоровича с хризолитами, турмалинами, топазами, бирюзой и жемчугом, "Алмазный трон" царя Алексея Михайловича, усыпанный алмазами, рубинами и бирюзой.

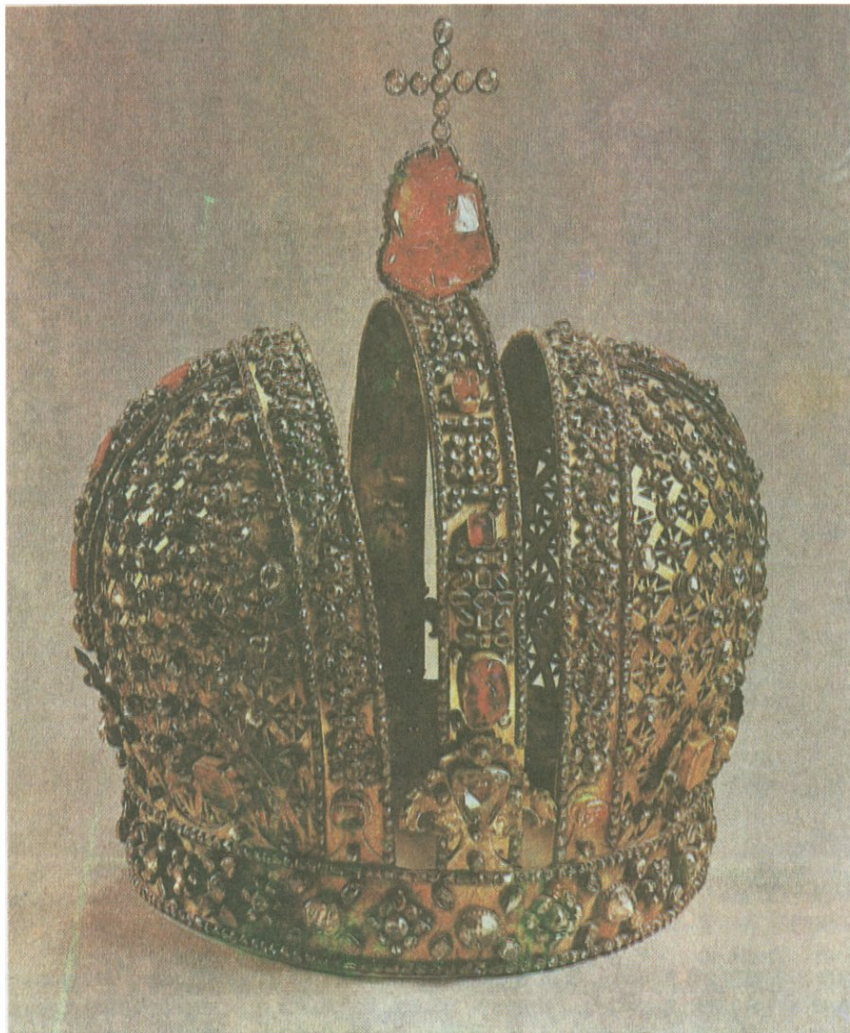


Рис. 6. Корона Анны Иоановны. Бриллианты, турмалин и др. 1730 г.

В Оружейной палате хранятся: старинное оружие, украшенное драгоценными камнями, булавы XV в. со шпинелью и бирюзой, топоры рынд с яхонтами и бирюзой, палаши с изумрудами и бирюзой, усыпанные самоцветами греческие сабли, футляры для луков, колчаны для стрел и др. Там же экспонируется украшенная самоцветами разнообразная посуда из драгоценных металлов — чаши, кубки, ковши, ножи и др.

Одно из интересных ювелирных изделий Оружейной палаты — образок-камея, изготовленный византийскими мастерами в XI—XII вв. из агата (рис. 7). Камея круглой формы в серебряной оправе, отделана жемчугом и драгоценными камнями синего, красного и зеленого цвета. Оправа изготовлена в XIV—XV вв.

В изделиях с драгоценными камнями, изготовленных до XVII в., использовались главным образом камни, привезенные из других стран. Так, А.Е. Ферсман пишет, что в это время настоящего русского самоцвета и русского камня для ювелирных изделий в России еще не было. Все цветные камни, по мнению Ферсмана, попадали в XIII—XVI вв. в Россию из Византии или с Востока. Только в середине XVII в. началась добыча русского драгоценного камня. В 1635 г. на Урале был обнаружен малахит, верительные грамоты 1675 и 1696 гг. сообщают нам об открытиях по рекам Восточной Сибири месторождений сердоликов, агатов, халцедонов и яшм.

В 1668 г. около Мурзинки, на Среднем Урале, Михайло Тумахов открыл цветные камни и медную руду и объявил об этом в Сибирском приказе.

Петр I уделял большое внимание развитию горного дела, в том числе поискам и добыче драгоценных камней. При нем были открыты месторождения горного хрусталя, раухтопаза, аметистов и бериллов. Вскоре уральские самоцветы приобрели широкую известность. В 1700 г. Петр I учредил в Москве особый приказ горных дел, замененный в 1718 г. берг-коллегией. В Тобольске было организовано горное начальство для управления сибирскими и уральскими заводами. В 1725 г. Петр I повелел построить в Петергофе мельницу на 40 рамах "для обработки и полирования самоцветов и стекол". Ферсман пишет: "В течение двухсот с лишним лет фабрика была рассадником культуры камня, школой художников и мастеров. Ее изделия превзошли произведения Флоренции и Милана".

Петр I основал в 1714 г. Кунсткамеру в Петербурге, в которой работали М.В. Ломоносов, В.М. Севергин и другие ученые. Впоследствии из Кунсткамеры выделился Минеральный кабинет Академии наук, преобра-



Рис. 7. Образок-камея. Византийские мастера (агат, драгоценные камни); XI—XII вв.

зованный в 1912 г. в Минералогический музей Академии наук. В 30-е гг. Минералогический музей был переведен в Москву. В настоящее время Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана располагает одной из крупнейших в мире коллекцией минералов.

В XVIII в. был утвержден ряд орденов, украшенных бриллиантами и другими драгоценными камнями. На выставке "Алмазный фонд СССР" экспонируются ордена и орденские знаки, каждый из которых является уникальным ювелирным произведением.

Во времена царствования Екатерины II русское камнерезное искусство стало быстро развиваться. В 1774 г. на берегу р. Исеть была построена Екатеринбургская гранильная фабрика, а несколько позднее на Алтае — Колыванская шлифовальня.

"Петергоф — Екатеринбург — Колывань — таковы три центра старой русской камнерезной промышленности. Сначала затеи царского двора, а потом — три единственные в мире по размаху учреждения, призванные выявлять красоту русского цветного камня..." — писал А.Е. Ферсман [36].

Екатерина II очень любила драгоценности и щедро раздаривала их своим фаворитам — Румянцеву, Орлову, Потемкину, Зубову. В это время в Петербурге на Миллионной улице жили лучшие мастера-ювелиры, многие из которых выполняли заказы для царского двора (Позье, Людовик Дюваль и др.). В моду вошли изделия с бриллиантами — серьги, пряжки для башмаков, поясов, пуговицы и запонки, браслеты, банты, букеты цветов, табакерки и гребни. Некоторые изделия тех времен экспонируются на выставке Алмазного фонда СССР (рисунки 8, 9, 10, 11, 12).

В XVIII и XIX вв. в Петербург свозили самые лучшие декоративные строительные камни, из которых строились великолепные дворцы, соборы, мосты. В 1765 г. была организована особая экспедиция "по розыскам мраморов и специальных камней на Урале", которая превратилась, по существу, в первую минералогическую экспедицию. Она вела работы в ряде районов России. В это время на Южном Урале в Ильменских горах были открыты месторождения амазонского камня, в районе оз. Байкал талантливый естествоиспытатель Лаксман нашел лазурит.

В 1773 г. в Петербурге была образована Горная академия (ныне Горный институт), где вскоре возник Горный музей, коллекция минералов и горных пород которого считается одной из лучших в Советском Союзе.

В конце XVIII в. в России начало развиваться кустарное производство — народный камнеобрабатывающий промысел. На Урале стали гранить бериллы, топазы, горный хрусталь, полировать яшмы, малахит и другие минералы. На Алтае и в Забайкалье из цветного камня изготавливали редчайшие изделия — вазы, столешницы и др., которые получили всемирную известность.

В 1817 г. в Петербурге было создано второе в мире и первое в России минералогическое общество*, объединившее любителей минералогии,

* В настоящее время — Всесоюзное минералогическое общество при АН СССР.

3810



Рис. 8. Эгрет "Фонтан", серьги в виде каскада (сапфиры), 1750 г.



Рис. 9. "Малый букет" (бриллианты), 1750 г.



Рис. 10. "Большой букет" (бриллианты, изумруды), около 1760 г.

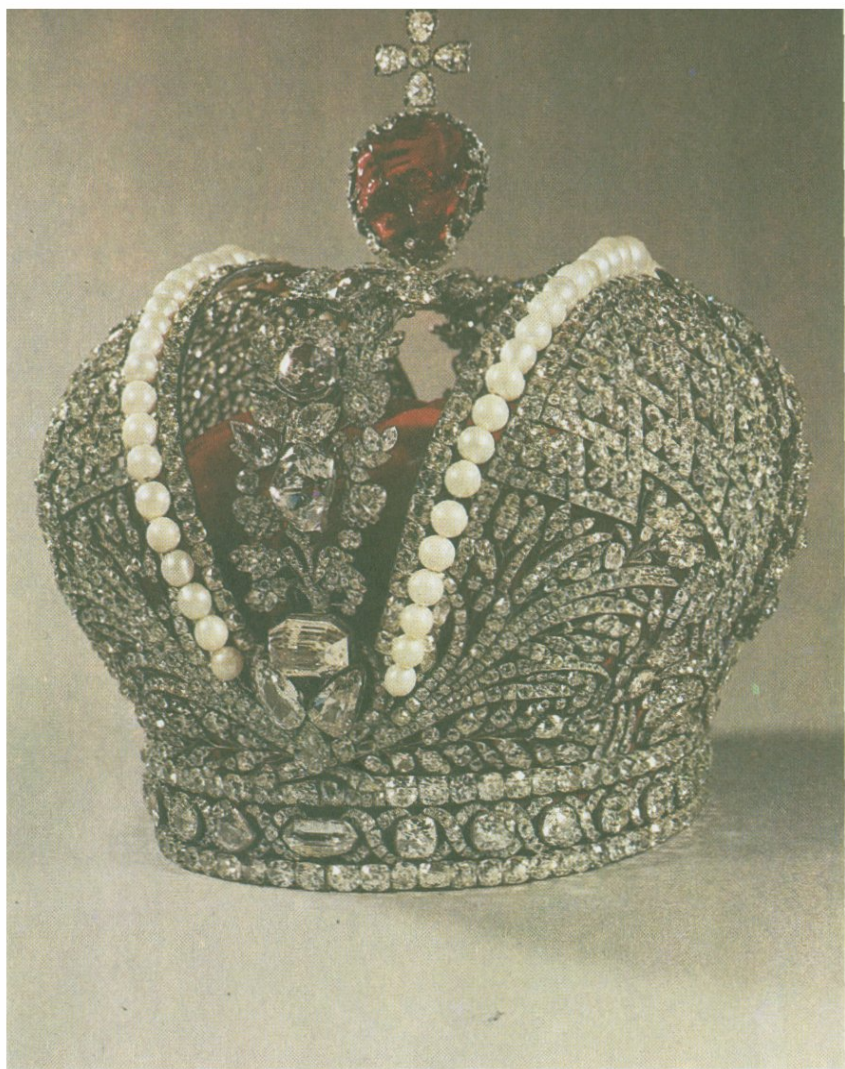


Рис. 11. "Большая императорская корона" (бриллианты, шпинель, жемчуг), работа И. Позье, 1762 г.



Рис. 12. "Скипетр императорский" (алмаз "Орлов", бриллианты), 1770 г.

горных инженеров и ученых страны. В 1820—1850 гг. были открыты месторождения изумрудов, топазов, демантоидов, цирконов, рубинов, хризолитов, алмазов и других драгоценных камней. "Теперь действительно в нашей стране были замечательные богатства самоцветов — сверкающие камни, которые могли послужить к созданию настоящего ограночного дела. Вся палитра многоцветных камней раскрывалась в этих минералах", — так писал А.Е. Ферсман [36, с. 48].

Действительно, в России в XIX в. камнеобрабатывающее искусство достигло высокого уровня. Всему миру известны великолепные дворцы Петербурга — Зимний, Строгановский, Мраморный, Царского села, Петергофа и Павловска, а также изумительные по красоте соборы — Исакиевский, Петра и Павла и др., при постройке которых были использованы разнообразные мраморы, яшмы, кварциты, малахит, лазурит, родонит и другие цветные камни России, Италии и других стран. На весь мир прославился уральский малахит. Замечательные вазы, столешницы, подсвечники, письменные приборы и др. изготовлены из этого камня. В Зимнем дворце знаменит малахитовый зал, во Франции в Луврском музее имеются изделия русских умельцев из малахита. Малахитовые изделия всегда пользовались повышенным спросом на Западе.

Русская яшма также получила всемирное признание. Мастера Кольвани и Екатеринбург создали огромное количество уникальных изделий — ваз, столешниц, колонн и торшеров. В их числе — знаменитые вазы из калканской яшмы, изготовленные прославленными русскими мастерами

Коковинным и Налимовым. На заводах Колывани и Екатеринбурга в XIX в. было изготовлено более 300 крупных ваз. В заключении жюри I Всемирной выставки в Лондоне (1851 г.) по поводу экспонирующихся на ней яшмовых ваз написано: "Мы не думаем, чтобы столь грандиозные и так хорошо сделанные произведения были когда-либо исполнены со времен греков и римлян". В Эрмитаже экспонируется более 100 крупных ваз, чаш, столешниц и торшеров из яшмы.

На I Всемирной выставке в Лондоне в 1851 г. заслуженным успехом пользовалась русская экспозиция ювелирных изделий и драгоценностей: прекрасная диадема, украшенная тремя тысячами драгоценных камней; коллекция графа Демидова с уральскими самоцветами, рубины графини Воронцовой-Дашковой поражали своей красотой посетителей. Огромные парадные двери, изготовленные из малахита, производили ошеломляющее впечатление. В "Обзрении Лондонской Всемирной выставки" опубликовано: "Переход от брошки, которую украшает малахит как драгоценный камень, к колоссальным дверям казался непостижимым: отказывались поверить, что эти двери были сделаны из того же материала, который привыкли считать драгоценностью". Многие русские изделия из камня получили призы Всемирной выставки.

В начале XIX в. в ювелирных изделиях наряду с бриллиантами, сапфирами, рубинами и изумрудами стали применять полудрагоценные камни, особенно сердолик, который использовали для изготовления перстней, табакерок, браслетов. Стали высоко цениться аквамарины, топазы, агаты, ониксы, кораллы, которые вставляли в браслеты, диадемы, гребни, колье и др.

Во второй половине XIX в. среди ювелирных фирм России выделилась одна, основанная в 1848 г. в Петербурге. Этой фирмой руководил Карл Фаберже. По рисункам и образцам Фаберже работал ряд крупных ювелирных мастерских того времени — Реймер, Гольстрем и Коллин, изделия которых отличались четким рисунком с рельефными деталями. Очень модными были диадемы, эгреты, колье, пряжки, крупные банты, для изготовления которых применяли бриллианты и цветные полудрагоценные камни. В изделиях Фаберже использовали нефрит, родонит, яшму, горный хрусталь, розовый и белый кварц, лазурит. В начале XX в. мастерские Фаберже освоили камнерезное производство — изготовление различных настольных украшений, пасхальных яиц, миниатюрных скульптур людей, животных, а также каменных цветов, которые пользовались большим спросом и ценились очень дорого. Многие изделия делали по заказам членов царской семьи.

Одним из первых художников в камнерезной мастерской Фаберже был П.М. Кремлев. Кроме него следует упомянуть художников-камнерезов Дербышева, Бирбаума, Якобсона. На Всемирной выставке в Париже в 1900 г. русские художественные изделия из камня имели большой успех. После этой выставки фирма Фаберже открыла в Лондоне свое отделение, которое обслуживало Англию, Францию, США, Индию и Сиам.

Конец XIX в. был ознаменован открытием синтеза драгоценных камней группы корунда. С 1902 г. французский химик М.А. Вернейль начал поставлять на рынок синтетические рубины, а чуть позже — сапфиры и

шпинель. Решение проблемы синтеза корундов дало новый толчок развитию производства изделий из драгоценных камней. Одновременно синтетические драгоценные камни стали применять в технике — в оптических приборах, радиоэлектронике, квантовых генераторах и т.п.

Однако обилие синтетических камней не снизило, а во много раз повысило роль и стоимость природных ювелирных камней.

Так, за последние 10 лет стоимость ювелирных алмазов увеличилась почти в три раза, а цены на изумруды и рубины стали выше, чем на алмазы. Украшения из природных драгоценных камней по-прежнему очень ценятся, и в дальнейшем их стоимость возрастет.

Драгоценный камень служит не только украшением. Так, алмаз используется в геологоразведочном бурении. Около половины всего объема бурения выполняют с помощью алмазных коронок, что ускоряет сроки разведки новых месторождений полезных ископаемых и снижает затраты на их разведку в три раза и более. В металлообрабатывающей промышленности алмаз служит резцом и сверлом, незаменим он в абразивной промышленности, приборостроении, металлургии при протяжке тонкой проволоки для металлокорда, кабельной и электроламповой промышленности.

Цирконы применяют в ядерных реакторах, металлургии и авиационной технике, корунды — в химической промышленности как абразивный материал, в оптических квантовых генераторах и датчиках в электронных приборах; благородные турмалины используются в оптике и радиоэлектронике, а берилл и другие бериллиевые минералы являются ценнейшим сырьем для создания особопрочных металлов. Бесчисленны области применения минералов группы кварца — в радиоэлектронике, оптике, стекольной и абразивной промышленности, приборостроении и др.

Цветные камни широко используются и в строительном деле. Яшма, лабрадорит, кварцит, родонит и др. украшают интерьеры подземных станций Московского метрополитена, цветные камни служат наружной и внутренней отделками деталей стен, интерьеров и цоколей. Поэт цветного камня А.Е. Ферсман писал: "Уже новые города строятся не из дерева и кирпича, а из больших каменных монолитов и вместо старых легковесных построек в новых культурных центрах возникают величавые и прекрасные здания, облицованные твердыми камнями, одетые в мрамор, лабрадорит и яшму. Во внутреннем убранстве прекрасный и неизменяемый камень заменит дешевые штукатурки, и лучшие узоры и краски природы найдут своих художников, чтобы украсить жизнь нового общества" [37, с. 198].

В последние годы в СССР камнеобрабатывающая промышленность переживает новый этап развития. После открытия якутских месторождений алмазов была заново организована огранка ювелирных алмазов в бриллианты. В Министерстве геологии СССР создано Всесоюзное производственное объединение "Союзкварцсамоцветы", на которое возложено изучение месторождений цветных камней, поиски месторождений и изготовление изделий и сувениров из цветных камней.

Советские изделия из цветного камня высоко ценятся за рубежом. Особый интерес вызвал открытый в Забайкалье новый минерал красивых

фиолетовых оттенков — чароит, который сразу же завоевал себе место среди ювелирных камней. Большой популярностью пользуются кольца, перстни, брошки, запонки и другие ювелирные изделия, а также шкатулки, вазы, письменные приборы из белого, нежно- и темно-зеленого и черного нефрита, розового родонита, сиреневого чароита, голубого и синего лазурита и др.

Очень распространена любительская обработка камня. В Москве и Ленинграде создано общество любителей камня. Ежегодно с 1976 г. в Москве в Государственном биологическом музее им. К.А. Тимирязева проводятся выставки любителей камня "Удивительное в камне", на которых демонстрируются удивительные и уникальные образцы и изделия из цветного камня.

Развитие минералогии как науки

Первые описания многих минералов и пород приведены в книге "Сан-Хей-Дин", написанной в Древнем Китае в XX в. до н.э. Некоторые сведения по определению минералов и руд содержат индийские Веда (конец II — первая половина I тысячелетия до н.э.).

Греческий философ-натуралист Аристотель (384—322 гг. до н.э.) впервые попытался классифицировать камни. Его внимание привлекали ракушки, прозрачные кристаллы кварца, происхождение которых он объяснял случайной "игрой природы". Горный хрусталь назван им "кристаллос", т.е. лед. Аристотель считал, что вода через определенный период превращается в твердый камень. По его мнению, каждое природное тело содержит определенную пропорцию "противоположностей". Вещества, образованные водой и землей, в результате потери тепла и влажности образуют минералы.

Ученик Аристотеля Теофраст (Тиртам, 372—287 гг. до н.э.) в книге-трактате "О камнях" впервые попытался систематизировать накопившийся к тому времени материал о минералах. Теофраст привел сведения о 16 минералах, которые он разделил на металлы, камни и земли. Он описал минералы, похожие по свойствам на рубин или кварц: "Возле Милета встречается также камень, не горящий в огне. Он угловат и образует чаще правильный шестиугольник". Он подчеркнул такие свойства кварца, как прозрачность и твердость.

Римский географ Страбон (63 г. до н.э. — 24 г. н.э.), описывая свое путешествие по Египту в книге "География" (23—24 гг. н.э.), также приводит некоторые сведения о минералах. Так, на о. Змеиный, расположенном в Красном море, добывали драгоценный топаз, а недалеко от Фив находилось месторождение изумрудов и других драгоценных камней. Страбон называет драгоценные камни "твердыми телами, получившимися из затвердевшей воды, подобно нашим кристаллам..." (горному хрусталу). Он придерживался взглядов Аристотеля.

Гай Плиний Секунд Старший (23—79 гг. н.э.) в энциклопедическом труде "Естественная история" изложил свои представления и привел све-

дения по минералогии, которой он отвел пять томов из 37. Он описывает алмаз, золото, кварц, берилл, топаз и другие минералы, их происхождение и применение. Однако наряду с научными данными Плиний приводит многочисленные надуманные истории: о камнях, привлекающих змей, о "драконовом камне", вырезанном из мозга спящего дракона, о "беременных камнях", рождающих себе подобных и т.д., дает ряд "рецептов" по применению камня. Так, для размягчения алмаза он рекомендует вымачивать его в теплой козлиной крови. Алмаз, по его мнению, может "уничтожать яды" и отгонять "пустые страхи". Происхождение алмаза Плиний связывал с золотом.

В "Естественной истории" довольно четко выражена мысль о том, что вещества различаются между собой кристаллической формой, а кристаллы разных минералов имеют неодинаковые углы между гранями.

В 518—519 гг. римский монах Косма Индикоплов в книге "Христианская топография" описал ряд стран бассейна Индийского океана и Восточной Африки. Он приводит интересные сведения о том, что с о. Сиеледиба (о. Шри-Ланка) вывозили драгоценные камни — гиацинты.

Арабский историк и географ Аль-Масуди (X в.) в трактате "Промывальни золота и россыпи драгоценных камней" описал россыпи золота и изумрудов, расположенные между Красным морем и Нилом: "Изумрудная россыпь находится на юге Верхнего Египта в округе города Кифт, местность, где находятся изумруды, называется Ал-Харба. Это пустыня и горы, и ал-буджа стерегут это место, а тот, кто желает добыть изумруды, платит им за покровительство".

Выдающийся ученый древности Аль-Бируни (972—1048 гг.) описал более 50 минералов и руд, привел данные о приемах обработки камней, о ценах на них и главнейших месторождениях. В труде "Правила нахождения удельных весов минералов" он привел ряд числовых данных, близких к современным. Это первые цифровые константы минералов, установленные экспериментальным методом. Особо интересно описаны им алмазы. По его мнению, кристаллы алмаза могут иметь различную форму: "Его природные формы до обработки представляют собой конусы, многогранники, а также фигуры из треугольников, подобные фигурам, известным по именам нарийя (огненные), в которых трехдольники соединены основаниями". В книге "Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия)" он приводит сведения о методах определения прозрачности, блеска, твердости, плотности и других свойств драгоценных камней.

Другим выдающимся ученым того времени был Авиценна (Ибн-Сина), живший в 980—1037 гг. в Хорезме и Иране. Это был естествоиспытатель в широком смысле этого слова — философ и врач, геолог. В своем труде "Собрание сведений для познания драгоценностей" он описал свойства горных пород и руд. Все минералы он разделял на четыре группы: 1) камни и земли; 2) плавкие тела (металлы); 3) серные (горючие) вещества; 4) соли (растворимые вещества). Классификацией Авиценны в минералогии пользовались до середины XVIII в.

Мухаммед Насирэддин (1201—1274 гг.) в "Книге о драгоценных камнях" описал 34 минерала и привел подробные их характеристики: блеск, цвет, твердость, плотность, прозрачность, хрупкость.

В середине века в Западной Европе несколькими авторами были написаны "Лапидарии" — сборники о свойствах минералов, в том числе и ювелирных камней. Один из ранних сборников был составлен Мардобусом в 1061—1081 гг., в котором он описал 60 минералов. Альберт Магнус в начале XIII в. описал 96 минеральных веществ, а Камилл Леонард в работе "Зеркало камней" — 279 минералов. Следует отметить, что уровень научной характеристики минералов в "Лапидариях" гораздо ниже, чем характеристик, представленных среднеазиатскими учеными.

В эпоху Возрождения возросло стремление к познанию природы. Это сказалось и на изучении драгоценных камней-минералов.

Большое влияние на развитие учения о минералах оказал немецкий врач и металлург Георг Бауэр (Агрикола, 1494—1555 гг.), который написал ряд работ, посвященных вопросам минералогии: "О происхождении минералов", "О природе ископаемых", "О горном деле". В этих трудах описаны некоторые минералы, их происхождение, а также приведены методы проведения пробирного анализа минералов и дана подробная классификация минералов по их физическим свойствам.

Современник Агриколы естествоиспытатель Парацельс (1493—1541 гг.) в трудах, посвященных вопросам минералогии, писал: "О кристаллах (хрусталь), бериллах и цитринах надлежит знать, что они рождаются из снежных звезд, производящих снег... Если звезда содержит коагуляционную воду, то такая снежная звезда легко образует кристаллы (хрусталь), цитрины и бериллы". В этом утверждении много фантастики, но есть определенное рациональное зерно, которое можно как-то увязать с современными представлениями о росте кристаллов из растворов.

Итальянский математик и философ Д. Кардано (1501—1576 гг.) в трактате "О самоцветах" описал ряд драгоценных камней. В книге приведены образные сравнения. Так, об алмазе он писал: "Блеск адамаса сильный и полон жизни, причем он не только сияет и блестит, но и сверкает и горит, как золото. Он не подвластен сырости, старости, огню и долгому употреблению, чем не обладает ни один кристалл, который быстро стареет". А об окраске камней — "они пропитаны соками, подобно тому, как ребенок проникнут соком матери". Им впервые выдвинута гипотеза о происхождении кварца не из воды, а из каменных соков — "кристалл произошел не из льда, но образовался при помощи собственных соков". Труды Кардано способствовали материалистическому развитию минералогии.

Большое значение для развития кристаллографии и кристаллографического направления в минералогии имели работы Н. Стенона (1638—1686 гг.) и французского ученого Ж.-Б. Ромэ-Делиля (1736—1790 гг.). Несколько позже Х. Гюйгенсом были заложены основы кристаллооптики.

А.Г. Вернер (1750—1817 гг.) положил начало новому направлению в минералогии — описательной минералогии. Ученик Вернера Ф. Моос (1773—1839 гг.) предложил общеизвестную 10-балльную шкалу твердости минералов, которой пользуются все минералоги до настоящего времени. Изобретенные У. Волластоном (1766—1828 гг.) однокружный, а выдающимся русским ученым Е.С. Федоровым (1853—1919 гг.) двукружный отражательные гониометры способствовали дальнейшему разви-

тию кристаллографии. С именами Х.С. Вейса (1780—1856 гг.) и Ф. Мооса связано открытие кристаллографических систем.

В этот же период развивается и второе важнейшее направление в минералогии — химическое, заключающееся в детальном изучении химического состава минералов. Представителями этого направления были шведский химик-минералог Й.Я. Берцелиус (1779—1848 гг.), немецкий ученый Э. Митчерлих (1794—1863 гг.), австрийский минералог Г. Чермак (1836—1927 гг.), П. Грот (1843—1927 гг.) и американский минералог Дж. Дана (1813—1895 гг.).

В России минералогия начала интенсивно развиваться с момента создания в начале XVIII в. горнозаводской промышленности. Основоположником ее был М.В. Ломоносов (1711—1765 гг.). Идеи М.В. Ломоносова в дальнейшем развивали К.Г. Лаксман (1737—1796 гг.), Ф.П. Моисеенко (1754—1781 гг.) и особенно акад. В.М. Севергин (1765—1826 гг.). В 1773 г. в Петербурге было создано первое в стране Горное училище (ныне Горный институт), сыгравшее исключительную роль в становлении отечественной минералогии. Создателем минералогической школы Горного училища был Д.И. Соколов (1788—1852 гг.). Расцвет этой школы связан с работами акад. Н.И. Кокшарова (1818—1892 гг.), Е.С. Федорова (1853—1919 гг.).

Широкое внедрение микроскопических методов исследования в минералогии, разработка (после открытия в 1912 г. явления дифракции рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы) рентгеноструктурного анализа и методов расшифровки структур минералов позволили по-новому объяснять многие свойства минералов, исходя из особенностей их состава и структуры.

Современный этап развития минералогии тесно связан с именами В.И. Вернадского, В.М. Гольдшмидта, А.Е. Ферсмана, Н.В. Белова и характеризуется становлением ряда новых важных направлений.

Огромное влияние на современную минералогию оказало естественно-историческое химико-генетическое направление В.И. Вернадского (1863—1945 гг.), который рассматривал минерал как продукт, возникший в результате протекающих в земной коре природных химических реакций и преобразующийся при изменении внешних физико-химических условий. В.И. Вернадским создана современная генетическая минералогия, геохимия и биогеохимия. Его идеи развивали А.Е. Ферсман, Я.В. Самойлов, П.П. Пилипенко, Н.А. Смольянинов, С.М. Курбатов, А.С. Уклонский, Е.К. Лазаренко и др. Исключительная роль в этом принадлежит акад. А.Е. Ферсману (1883—1945 гг.). Им основаны учения о пегматитах, о типоморфизме минералов; разработаны принципы минералого-геохимических поисков; начаты исследования по региональной минералогии. Ряд его трудов посвящен драгоценным камням. Его перу принадлежат "Очерки по истории камня", "Драгоценные и цветные камни СССР", "Рассказы о самоцветах", "Из истории культуры камня в России", "Цветы минералов", "Занимательная минералогия" и ряд других книг, написанных интересно, с большим художественным вкусом. А.Е. Ферсман был лучшим знатоком драгоценных камней у нас в стране и воспитал плеяду специалистов, прекрасно знающих и понимающих эти камни — В.И. Кры-

жановского, А.А. Мамуровского, Г.Г. Леммлейна, Г.П. Барсанова и др. Он был энтузиастом создания в стране производства камнесамоцветного и ювелирного сырья, одним из организаторов треста "Русские самоцветы".

Наряду со школой акад. В.И. Вернадского развивалась и классическая минералогическая школа Ленинградского горного института, блестящими представителями которой явились А.К. Болдырев, С.С. Смирнов, А.Г. Бетехтин, П.М. Татаринов, А.Н. Заварицкий, В.Н. Лодочников, Д.П. Григорьев.

В последние годы благодаря применению физико-химических законов (в частности, правила Гиббса) при анализе парагенетических ассоциаций (акад. Д.С. Коржинский), изучению газово-жидких и расплавных включений в минералах, а также экспериментальным исследованиям фазовых равновесий стало возможным связать образование минералов и их ассоциаций с определенными термодинамическими условиями и перейти от качественных характеристик этих условий к получению количественных параметров, определяющих физико-химическую систему, при которых минерал зарождался, существовал и изменялся. Такой подход крайне важен и для другого направления в современной минералогии — синтеза минералов, искусственного выращивания кристаллов — аналогов природных минералов, организации производства минералов с заданными свойствами, в том числе и драгоценных камней.

На новой основе развивается в настоящее время и кристалломорфология. Благодаря скрупулезным исследованиям Г.Г. Леммлейна, И.И. Шафрановского и Д.П. Григорьева возникло онтогеническое направление, задачи которого — расшифровка истории зарождения, роста и дальнейшего изменения минеральных индивидов и их агрегатов, выяснение механизации, способа образования самих минералов. Онтогенические исследования крайне важны для понимания условий образования прозрачных, хорошо образованных бездефектных кристаллов, пригодных для ювелирного дела. Применение последних достижений физики твердого тела к минералам, использование для их изучения достижений современной кристаллохимии, электронной микроскопии, электронно-зондовых исследований, инфракрасной, оптической и люминесцентной спектроскопии, а также резонансной спектроскопии (электронно-парамагнитного резонанса — ЭПР, ядерно-магнитного резонанса — ЯМР, ядерно-гамма-резонанса — ЯГР и др.) позволяет выявить все явления, происходящие в структурах реальных минералов на ядерно-электронном уровне: возникновение в них различных дефектов и дислокаций, появление примесных центров и связанных с ними явлений, обуславливающих окраску, люминесценцию и многие другие свойства минералов. Воздействуя на минералы различным образом (например, облучая их или нагревая), эти дефекты структур можно перестраивать, таким образом создавая основы для облагораживания минералов и повышения их качества.

Исключительно большое внимание во всем мире к драгоценным камням привело к выделению из минералогии особого направления — гемологии, учения о драгоценных камнях. Главные направления гемологии — исследования минералогических особенностей драгоценных камней, изучение природы их цвета, кристаллографии, структурного строения,

включений в камнях и т.п. Геммологические исследования драгоценных камней проводятся для того, чтобы отличить их от синтетических аналогов и имитаций. В настоящее время в СССР создан ряд институтов и лабораторий, занимающихся изучением ювелирных камней, их выращиванием, разработкой методов их диагностики и обработки. В ряде стран (в США, Англии, ФРГ, Франции и др.) также имеются институты и лаборатории, занимающиеся геммологическими исследованиями. Развитие геммологии за рубежом связано с именами Р. Вебстера, Б.В. Андерсона, Гюбелина, Лиддикота, Шлосмахера и многих других. Ученые минералоги, физики, химики, конструкторы, специалисты по обработке ювелирных камней, ювелиры, коммерсанты объединены в национальных геммологических ассоциациях. Раз в два года уже более 30 лет созываются Международные геммологические конференции. Последняя такая конференция, XVIII, состоялась в ноябре 1981 г. в Японии (Токио — Кашико — Джимо — Киото). В ней приняли участие делегаты 22 стран, в том числе и СССР. Участники конференции поделились последними достижениями в открытии новых месторождений и новых ювелирных камней, получении искусственных материалов, улучшении цвета минералов, создании новых методов и приборов для изучения и диагностики ювелирных камней. С тревогой прозвучали слова делегатов о недобросовестности некоторых дельцов за рубежом, стремящихся побыстрее получить доходы от "облагороженных" путем облучения ювелирных камней и нарушающих медицинские нормы. Одним из центральных на конференции был вопрос о необходимости образования Международной геммологической ассоциации. Надо надеяться, что ко времени ее создания будет организована национальная геммологическая ассоциация и в нашей стране.

Классификация ювелирных камней

Ювелирные камни классифицируются по ряду определенных признаков. Минералы разделяют по происхождению — генетические классификации, по их составу, по наиболее характерному для них элементу (например, выделяют минералы, содержащие железо, олово, медь и т.д.), по кристаллографическим признакам. В настоящее время наиболее распространена классификация минералов по химическому составу (по типам химических соединений и связей) с учетом их структурных типов.

Классификации ювелирных и поделочных камней отличаются от общепринятых минералогических классификаций прежде всего тем, что в основе разделения драгоценных камней лежит их стоимость, их реальная ценность. В Саксонии еще в начале XIX в. драгоценные камни по областям их применения подразделяли на 1) драгоценные, 2) лечебные и 3) камни, используемые в строительном деле, для изготовления ваз, статуй и т.п. [43]. В середине XIX в. в Европе ювелиры разделяли драгоценные камни на две группы: восточные и западные, отличающиеся твердостью.

В 1860 г. немецкий ученый К. Клюге (1860 г.) предложил практически первую научно обоснованную классификацию драгоценных и полудрагоценных камней, которые он разделял на две группы: истинно драгоценные минералы и стандартные драгоценные минералы. В первую группу входили камни I, II и III класса, а во вторую — IV и V класса.

К I классу К. Клюге относил алмаз, корунд, хризоберилл и шпинель, ко II классу — циркон, берилл, топаз, турмалин, гранат, благородный опал, к III классу — кордиерит, везувиан, хризолит, аксинит, кианит, ставролит, андалузит, хиастолит, эпидот и бирюзу.

В группу полудрагоценных камней К. Клюге включил камни IV класса: кварц (аметист, горный хрусталь, розовый кварц, авантюрин), халцедон (агат, карнеол, плазма, гелиотроп, кахолонг, гидрофан яшмовый и обычный), полевые шпаты (адуляр, амазонит, лабрадор), обсидиан, лазурит, гаюин, гиперстен, диопсид, флюорит, янтарь и V класса: жадеит, нефрит, серпентин, агальматолит, бронзит, атласный шпат, мрамор, селенит, алебастр, малахит, пирит, родохрозит, гематит, пренит, нефелин, лепидолит и др.

Очень близка к классификации К. Клюге классификация драгоценных камней немецкого профессора минералогии Г. Гюриха (1902 г.). Все прозрачные минералы, характеризующиеся высоким светопреломлением и применяющиеся для изготовления ювелирных украшений, он объединил в драгоценные камни первого рода; отдельно были выделены полудрагоцен-

ценные камни. Минералы, встречающиеся в аморфном состоянии или в виде мелкозернистых кристаллических агрегатов, отнес к группе камней второго рода (цветным камням). По ценности Г. Гюрих разделял драгоценные камни на пять различных классов. Драгоценные камни I класса — алмаз, корунд, хризоберилл и шпинель, II класса — циркон, берилл, топаз, турмалин и гранат, а также благородный опал из группы цветных камней, III класса — кордиерит, хризолит, кианит и другие драгоценные камни, кроме того бирюза из группы цветных камней. В IV класс входили такие полудрагоценные камни, как кварц, полевой шпат, флюорит и из группы цветных камней — авантюрин, кошачий глаз, халцедоны, опал, обсидиан, лазурит и янтарь. К V классу отнесены цветные камни из группы цветных: гематит, нефелин, нефрит, гагат, змеевик, алебастр, малахит и т.д.

В конце XIX в. М. Бауэром (1896 г.) была предложена новая классификация драгоценных камней, которая долгое время пользовалась популярностью у минералогов и специалистов-ювелиров. Классификация М. Бауэра была позднее дополнена и расширена А.Е. Ферсманом. Ювелирные и поделочные камни подразделены в ней на три группы: I — драгоценные камни (самоцветы), II — поделочные (цветные камни), III — драгоценные камни органогенные. Внутри группы в зависимости от ценности камни разделялись на порядки. В I группу вошли в основном прозрачные бесцветные или красиво окрашенные камни и часть полупрозрачных цветных камней, используемых в ограненном виде. Ко II группе отнесен ряд минералов и горных пород, пригодных для кабошонирования и для различных поделок. Ниже приводится классификация М. Бауэра — А.Е. Ферсмана.

Группа камней

Название

I. Драгоценные камни (самоцветы)

- | | |
|-----------|---|
| 1 порядок | Алмаз, рубин, сапфир, изумруд, александрит, благородная шпинель, эвклаз |
| 2 порядок | Топаз, аквамарин, берилл, красный турмалин, демантоид, кровавой аметист, альмандин, уваровит, жадеит, благородный опал, циркон |
| 3 порядок | 1. Гранат, кордиерит, кианит, эпидот, диоптаз, бирюза, варисцит, зеленый турмалин
2. Горный хрусталь, дымчатый кварц, светлый аметист, халцедон, агат, сердолик, гелиотроп, хризопраз, празем, полуопал
3. Солнечный камень, лунный камень, лабрадор, нефелин, содалит, обсидиан, титанит, бенитоит, пренит, андалузит, диопсид, скаполит, томсонит
4. Гематит, пирит, касситерит, кварц с золотом |

II. Поделочные (цветные камни)

- | | |
|-----------|--|
| 1 порядок | Нефрит, лазурит, глауколит, содалит, амазонит, лабрадор, родонит, азурит, малахит, авантюрин, кварцит, горный хрусталь, дымчатый кварц, агат и его разновидности, яшма, везувиян, розовый кварц, письменный гранит |
| 2 порядок | Лепидолит, фукситовый сланец, серпентин, агальматолит, стеатит, селенит, обсидиан, мраморный оникс, |

датолит, флюорит, галит, графит, лазурит, смитсонит, цоизит

3 порядок

Гипс, порфиры и частично декоративный материал — брекчии, сливные кварциты и др.

III. Драгоценные камни органогенные

Жемчуг, коралл, янтарь, гагат

Приведенной классификацией длительное время пользовались в СССР и за рубежом. Однако она не лишена ряда недостатков. Так, некоторые минералы одновременно отнесены к разным порядкам (горный хрусталь, агат, дымчатый кварц, лазурит и др.), в ряде случаев приведены групповые минералогические наименования одновременно с определенными, частными названиями (гранат и альмандин с уваровитом, берилл и аквамарин, халцедон и агат, сердолик, хризопраз и т.д.). К группе поделочных камней отнесен ряд минералов, которые в настоящее время имеют относительно высокую ценность, считаются полудрагоценными и широко применяются в ювелирном деле (авантюрин, малахит, амазонит, горный хрусталь, дымчатый кварц, розовый кварц, лазурит и др.). В настоящее время практическая ценность многих драгоценных камней существенно изменилась, в связи с чем классификация Бауэра — Ферсмана устарела. В последние годы предложены уточненные и упрощенные варианты классификации Бауэра — Ферсмана. Ниже приведена классификация, предложенная В.И. Соболевским [31].

1. Драгоценные камни (самоцветы)

I класс: алмаз, изумруд, александрит, хризоберилл, эвклаз, благородная шпинель и особо редкие разновидности корунда: рубин, сапфир, паппараджа (оранжевый сапфир)

II класс: топаз, разновидности берилла (аквамарин, воробьевит, гелиодор), турмалин розовый и темно-красный (сибирит), фенакит, аметист, циркон (оранжевый гиацинт, зеленый и др.), благородный опал

III класс: бирюза, горный хрусталь (бесцветный и дымчатый раухтопаз), хризопраз, сердолик, агаты с красивым рисунком, кровавик, янтарь, гагат и др.

2. Цветные камни

I класс: малахит, родонит, нефрит, лазурит, амазонит, лабрадор, авантюрин, халцедон, письменный гранит и др.

II класс: офиокальцит, агальматолит, мраморный оникс, флюорит, селенит, яшма, морская пенка и др.

В 1973 г. Е.Я. Киевленко предложил модернизированную классификацию цветных камней, в которой учтена их рыночная стоимость и применение в ювелирных изделиях и предметах художественно-камнерезного промысла. Киевленко выделяет три группы камней: ювелирные (драгоценные), ювелирно-поделочные и поделочные.

Первая группа

I порядок: алмаз, изумруд, синий сапфир, рубин

II порядок: александрит, благородный жадеит, оранжевый, желтый, фиолетовый и зеленый сапфир, благородный черный опал

III порядок: демантоид, благородная шпинель, благородный белый и

IV порядок:

огненный опал, аквамарин, топаз, родолит, лунный камень (адуляр), красный турмалин
синий, зеленый, розовый и полихромный турмалин, благородный сподумен (кунцит, гидденит), циркон, желтый, зеленый, золотистый и розовый берилл, бирюза, хризолит, аметист, хризопраз, пироп, альмандин, цитрин

Вторая группа

I порядок:

раухтопаз, гематит-кровавик, янтарь-сукцинит, горный хрусталь, жадеит, нефрит, лазурит, малахит, авантюрин

II порядок:

агат, цветной халцедон, кахолонг, амазонит, родонит, гелиотроп, розовый кварц, иризирующий обсидиан, обыкновенный опал, лабрадор, беломорит и др. непрозрачные иризирующие шпаты

Третья группа

Яшмы, письменный гранит, окаменелое дерево, мраморный оникс, листовит, обсидиан, гагат, джеспилит, селенит, флюорит, авантюриновый кварцит, агальматолит, рисунчатый кремнь, цветной мрамор

Японский исследователь Судзуки предложил несколько иную классификацию драгоценных камней (1970 г.). В ней драгоценные камни разделены на три группы: I — истинные драгоценные, II — стандартные драгоценные и III — полудрагоценные. В I группу входят алмаз, корунд, берилл, шпинель, александрит, циркон, топаз, гранат, опал и бирюза; во II группу — эвклаз, фенакит, оливин, турмалин, сподумен, бенитоит, данбурит, андалузит, ставролит, аксинит, кордиерит, кианит, везувиан, сфен, эпидот, пренит, диопсид. В III группу — лазурит, родонит, нефрит, жадеит, малахит, янтарь, спекулярит, флюорит, полевые шпаты и кварц.

Кроме приведенных за рубежом известны классификации драгоценных камней Синканкаса (1955 г.), Р. Вебстера (1962 г.), Перла (1965 г.) и ряда других исследователей. Каждая классификация характеризуется своими особенностями и отличиями. По мнению авторов, кроме основных принципов, положенных в основу классификаций, имеется ряд внешних факторов — сложившиеся традиции, мода на камень, наличие драгоценных камней на рынке, открытие новых месторождений драгоценных камней и т.п. Поэтому отдельные камни в разных классификациях могут занимать то или иное место, хотя общий характер классификаций в основном совпадает.

С развитием ювелирной и камнерезной промышленности в СССР в 1970—1980 гг. стало необходимым создать промышленную классификацию ювелирных и поделочных камней, пригодную для практической работы этой новой отрасли. Всесоюзным научно-исследовательским институтом ювелирной промышленности (ВНИИЮвелирпром) была разработана такая классификация. В ней все ювелирные и поделочные камни разделены на три типа: ювелирные, ювелирно-поделочные и поделочные, которые, в свою очередь, по прозрачности, твердости (по шкале Мооса) и другим свойствам подразделяются на подтипы и группы.

Ниже приведена промышленная классификация естественных ювелирных и поделочных камней, разработанная ВНИИювелирпромом.

Тип I. Ювелирные камни

Подтип I-1. Прозрачные камни:

- группа I-1-1. Твердость 10 — алмаз;
- группа I-1-2. Твердость 7-10 — корунд, берилл, турмалин, гранат, хризоберилл, шпинель, монокристаллы кварца, топаз, эвклаз, фенакит, циркон, кордиерит, андалузит, ставролит;
- группа I-1-3. Твердость менее 7 до 5 — сподумен, хризолит, кианит, диоптаз, бразилианит, танзанит, хромдиопсид, апатит, бенитоит, аксинит, скаполит, томсонит, данбурит, улексит, касситерит, гамбергит, актинолит, зеленый обсидиан;
- группа I-1-4. Твердость менее 5 — сфалерит, флюорит, брусит, цинкит, шеелит.

Подтип I-2. Непрозрачные, сверкающие камни:

- группа I-2-1. Однородные — гематит-кровавик, пирит, кобальтин, псиломелан;
- группа I-2-2. Рисунчатые — гематит-гётитовая стеклянная голова, криптомелан-голландитовая стеклянная голова.

Подтип I-3. Просвечивающие камни:

- группа I-3-1. Яркоокрашенные камни — сердолик, хризопраз, хлоропал, розовый кварц, цветные полуопалы, смитсонит, пренит, цоизит, полупрозрачный жадеит;
- группа I-3-2. Камни с рисунком или красивыми включениями — агат, волосатик, моховик, оникс (сардоникс, карнеол, оникс);
- группа I-3-3. Камни без рисунка и цветной окраски — халцедон, полуопал, кахолонг;
- группа I-3-4. Псевдохроичные камни с определенной ориентировкой — благородный опал, лунный камень, иризирующий обсидиан.

Подтип I-4. Непрозрачные матовые камни с красивой окраской и плотной фактурой поверхности:

- группа I-4-1. Камни, применяемые в изделиях с последующей обработкой, — бирюза, варисцит, коралл;
- группа I-4-2. Камни, применяемые в естественном виде — жемчуг.

Тип II. Ювелирно-поделочные камни

Подтип II-1. Вязкие камни, твердость более 6:

- группа II-1-1. Нефрит, жадеит и их твердые естественные ими-

тации, гранат-хлоритовая порода, ксенотлит, фибролит.

Подтип II-2. Камни средней вязкости, твердость 5-6:

группа II-2-1. Яркоокрашенные камни* — лазурит, родонит, амазонит, яшмы, унакит (агрегат эпидота и калиевого полевого шпата);

группа II-2-2. Рисунчатые камни — окаменелое дерево, пегматит графический, кремьнь рисунчатый, яшма, обсидиан, гелиотроп, перилит;

группа II-2-3. Псевдохроичные камни — беломорит, соколиный и тигровый глаз, серебристый ("иризирующий") обсидиан, авантюрин, перламутр;

группа II-2-4. Камни, применяющиеся в естественном виде:

подгруппа II-2-4 а. Массивные камни — почки халцедона, смитсонита, нефрита;

подгруппа II-2-4 б. Корки и наросты — аметистовые и кварцевые щетки, корочки уваровита, дендриты марганцевых минералов, самородной меди и серебра.

Подтип II-3. Мелкие и средней твердости камни:

группа II-3-2. Обрабатываемые в холодном состоянии: малахит, азурит, змеевик, антрацит.

Тип III. Поделочные камни

Подтип III-1. Твердость более 5:

группа III-1-1. Стекловатые — обсидианы, яшмы, роговики, микрокварциты, железистые роговики;

группа III-1-2. Гетерогенные горные породы и минеральные агрегаты:

подгруппа III-1-2 а. Льдистый кварц, кварцит-таганай, амазонитовый гранит;

подгруппа III-1-2 б. Перидотиты, пироксениты, геденбергитовый скарн;

подгруппа III-1-2 в. Лиственит, джеспилит;

подгруппа III-1-2 г. Эклогит, гранатовый гнейс, турмалинсо-державшие породы;

подгруппа III-1-2 д. Гранитоиды, нефелиновые сиениты, лабрадорит, порфиры и т.д.

Подтип III-2. Твердость от 5 до 3:

группа III-2-1. Просвечивающие — оникс арагонитовый и кальцитовый, флюорит;

группа III-2-2. Непрозрачные — мраморы, офиокальцит, ангидрит, змеевик, хлорит-серпентиновая порода.

* К этой же группе относится и недавно открытый чароит. — *Прим. ред.*

Подтип III—3. Мягкие, твердость менее 3:

группа III—3—1. Просвечивающие — алебастр, селенит, галит;

группа III—3—2. Непрозрачные — графит, талькохлорит, пирофиллит, брусит, стеатит.

Приведенная классификация имеет ряд недостатков. Так, например, к типу I — ювелирные камни — отнесены драгоценные камни высокой стоимости и поделочные камни сравнительно низкой стоимости (флюорит, гематит, пирит, апатит, обсидиан зеленый, жадеит, кахолонг, халцедоны и ряд других камней). В одну группу I—1—2 входят корунды, бериллы, шпинель и кристаллический кварц, андалузит и ставролит, стоимость которых также различна.

Некоторые камни (например, жадеит, обсидиан, минералы группы кварца и др.) одного и того же названия разбросаны по различным группам, что создает дополнительные трудности.

Тем не менее эту классификацию можно с успехом применять в практике ювелирного дела.

Методы диагностики ювелирных камней

Многие ювелирные камни характеризуются одинаковыми или сходными признаками, что затрудняет их диагностику. Так, среди прозрачных и непрозрачных камней можно выделить группы одинакового цвета — розового, красного, голубого, синего, фиолетового и др. или переходного цвета — желтовато-зеленые (хризоберилл и хризолит и др.), красновато-оранжевые (сердолик и др.). Методы их диагностики основаны на определении важнейших физических свойств и внутренних особенностей камней.

Основные определяющие свойства ювелирных камней — прозрачность и цвет (табл. 1). В зависимости от степени *прозрачности* ювелирные камни, как и все другие минералы, делятся на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие в тонких сколах и непрозрачные. Прозрачностью ювелирных камней в значительной степени определяется их применение и стоимость. Наиболее ценны прозрачные ювелирные камни, которые называются драгоценными, или самоцветами [39], или просто ювелирными [11]. Непрозрачные камни в основном относятся к поделочным [39, 12] или ювелирно-поделочным [12]. Прозрачность камней определяют, просматривая их на просвет.

Красота большинства ювелирных камней в значительной степени зависит от их цвета. Красивые чистые окраски таких камней, как изумруд, рубин, бирюза, превратились в название цвета — изумрудный, рубиновый, бирюзовый.

Собственная окраска минерала — идиохроматическая — связана с присутствием в нем элементов-хромофоров, входящих в формульный состав (например, медь в бирюзе и малахите) в виде примесей (например, хром в рубине и изумруде) или с дефектами структуры (например, в цитрине), а также зависит от минералов-включений — аллохроматическая окраска. Так, включения жильбертита, хлорита или гётита придают искрящуюся зеленую или красновато-коричневую окраску авантюрину.

Иногда красота камня определяется некоторыми особыми явлениями физико-оптического характера — псевдохроматическая окраска. Например, опалесценция благородных опалов связана с дифракцией света на границе глобул — шарообразных частиц, слагающих опал. Иризация полевых шпатов (лабрадора, лунного и солнечного камней) обусловлена игрой цвета на плоскостях спайности или двойникования.

Простейший метод оценки цвета минерала — визуальное определение его на белом листе бумаги при дневном свете (или при освещении лампой

Цвет ювелирных камней

Прозрачность	Цвет	Название
Прозрачные и полупрозрачные	Бесцветный	Алмаз, апатит, ахроит, горный хрусталь, гердерит, гошенит, кордиерит, лейкогранат, лейкосапфир, лунный камень, опал, ростерит, сподумен, топаз, тсаворит, фенакит, циркон, цоизит, шпинель, эвклаз
	Красный	Альмандин, биксбиит, карнеол, обсидиан, опал, пироп, рубеллит, рубин, сибирит, скаполит, топаз, циркон, шпинель
	Розовый	Алмаз, воробьевит или морганит, гердерит, гроссуляр, кунцит, родолит, кварц, рубеллит, рубин, скаполит, спессартин, топаз, тулит, шпинель
	Оранжевый	Алмаз, гессонит, опал, сапфир цветной (падпараджа), сердолик, скаполит, спессартин, шпинель, янтарь
	Желтый	Алмаз, апатит, бразилианит, гелиодор, гердерит, гессонит, диопсид, дравит, клиногумит, сапфир цветной, скаполит, сподумен, топаз, топазолит, хризоберилл, хризолит, цимофан, циркон, цитрин, цоизит, янтарь
	Зеленый	Александрит, алмаз, апатит, берилл, бразилианит, верделит, гердерит, гидденит, гроссуляр, демантоид, жадеит, изумруд, кианит, плазма, празем, прازیолит, сапфир цветной, тсаворит, уваровит, увит, хризопраз, хризолит, хромдиопсид, хризоберилл и цимофан, циркон, цоизит, шпинель, эвклаз
	Голубой	Аквамарин, алмаз, апатит, виолан, главколит, индиголит, кианит, сапфир, сапфирин, танзанит, топаз, циркон, шпинель, эвклаз
	Синий	Азурит, алмаз, апатит, бенитоит, еремеевит, индиголит, кианит, кордиерит, максикс (аквамарин), сапфир, танзанит, шпинель, эвклаз
	Фиолетовый, сиреневый	Алмаз, альмандин, аметист, апатит, виолан, гердерит, кианит, кордиерит, кунцит, сапфир цветной, скаполит, танзанит, топаз, флюорит, шпинель
	Коричневый	Алмаз, гессонит, дравит, дымчатый кварц, карнеол, клиногумит, обсидиан, сардер, скаполит, топаз, циркон
Непрозрачные и просвечивающие в тонких сколах	Серый	Обсидиан, соколиный глаз, халцедон
	Белый	Агальматолит, беломорит, жадеит, кахолонг, нефрит, опал, солнечный камень
	Красный	Жадеит, карнеол, коралл, обсидиан, родонит, яшма
	Розовый	Агальматолит, жемчуг, коралл, родонит, родохрозит, яшма
	Желтый	Агальматолит, жадеит, мраморный оникс, янтарь, яшма
	Зеленый	Авантюрин, агальматолит, амазонит, бирюза, гелиотроп, жадеит, малахит, мраморный оникс, моховик, нефрит, серпентин, хризопраз, эпидот, яшма
	Голубой	Амазонит, бирюза, виолан (разновидность диопсида), жемчуг, кианит, сапфирин (разновидность халцедона)
	Синий	Азурит, афганит, лазурит, лазулит

Прозрачность	Цвет	Название
	Фиолетовый	Флюорит, чароит
	Черный	Гагат, гематит, жемчуг, лабрадор, меланит (шорломит), морион, нефрит, обсидиан, опал, эпидот
	Серый	Лабрадор, обсидиан, опал
	Коричневый	Авантюрин, жадеит, мраморный оникс, обсидиан, сардер, тигровый глаз, яшма

дневного света) в помещении, расположенном на северной стороне. Такая оценка в какой-то мере субъективна. Для объективной оценки используют спектроскопические методы, так как окраска возникает вследствие селективного поглощения минералом определенного диапазона электромагнитного излучения в пределах видимой области спектра. Кривая спектрального поглощения — объективная характеристика окраски минерала. Для записи спектров поглощения можно использовать двухлучевой спектрофотометр СФ-18 в видимом диапазоне света (400–750 нм), с интегрирующим шаром и диафрагмирующим устройством (Б.Г. Гранадчикова, 1975 г.). Последнее позволяет исследовать спектры обработанных камней. Абсорбцию можно наблюдать и при помощи спектроскопов Бюлова, Лейца и др.

Для диагностики ряда ювелирных камней могут быть использованы дихроматические фильтры Челси, пропускающие узкие полосы света в красной (λ 690 нм) и желто-зеленой (λ 570 нм) областях. Фильтр помещают на близком расстоянии от глаз, а камень освещают электрическим светом. Фильтры Челси, названные "изумрудной лупой", используются при диагностике изумрудов, главным образом для отличия их от других зеленых камней. Под фильтром цвет природных изумрудов ярко-красный или вообще отсутствует, а у синтетических — сильно рубиново-красный. Зеленые флюорит, циркон и демантоид — розового цвета, а у зеленых стеклов и сапфиров, а также у большинства зеленых турмалинов красный цвет не наблюдается. Голубая синтетическая шпинель и окрашенное кобальтом стекло под фильтром дают красный цвет, чем и отличаются от голубого циркона, аквамарина и других голубых камней [50].

Для диагностики ювелирных камней важное значение имеет *плеохроизм*, связанный с различной селективной абсорбцией в разных кристаллографических направлениях. Плеохроизм наблюдается только в оптически анизотропных минералах. В кристаллах кубической сингонии абсорбция света одинакова во всех направлениях, поэтому плеохроизм в них не наблюдается.

Плеохроизм характерен для таких ювелирных камней, как бериллы (изумруд, аквамарин, воробьевит, гелиодор), кианит, кордиерит, корунды (рубин, сапфир), сподумен (кунцит, гидденит), топаз, турмалин и др.

Плеохроизм можно наблюдать, пользуясь дихроскопом, который представляет собой трубку с вмонтированным в нее кристаллом кальцита и лупой перед отверстием, через которое рассматривается кристалл. Каль-

цитовый дихроскоп Хайдингера сконструирован таким образом, что падающий луч света, проходя через кристалл калыцита, разлагается на два поляризованных перпендикулярных световых луча; исследуемый камень, характеризующийся плеохроизмом, изучают при ориентировке по крайним положениям его цвета абсорбции.

В настоящее время с различными фильтрами выпускают фильтродихроскопы, представляющие собой две тонкие окаймленные темной бумагой или черной пленкой пластинки поляризационных фильтров размером примерно 1 см^2 , помещенные между диапозитивными рамками так, чтобы плоскости колебаний обеих пропускающих свет пластинок располагались перпендикулярно друг к другу. Плеохроизм можно наблюдать, не поворачивая камень или фильтр. Благодаря высокой чувствительности прибора можно заметить даже очень слабый плеохроизм.

Показатель преломления — также весьма важный параметр любого минерала (табл. 2). Для определения показателей преломления используют иммерсионный метод, метод призмы, прямого измерения и др. При диагностике ювелирных камней применяют также метод определения показателей преломления при помощи тотальных рефрактометров, выпускаемых различными фирмами. В рефрактометре фирмы "Рейнер" применены призмы из свинцового стекла и цилиндрические линзы. Значение показателей преломления нанесены на шкале рефрактометра, находящейся в траектории лучей. Для определения показателей преломления на поверхности стекла помещают каплю иммерсионной жидкости, а на нее — исследуемое вещество. При этом необходимо соблюдать следующие условия: определяемый показатель преломления минерала должен быть меньше показателя преломления жидкости, а он, в свою очередь, — меньше показателя преломления стекла. Жидкость служит для вытеснения воздушной прослойки между полушарием и пластинкой.

На большинстве рефрактометров ("Рейнер", "Диалдекс", "Топ Кон" и др.) можно определять показатель преломления обработанных камней от 1,30 до 1,80 с точностью до 0,01 (точность можно повысить до 0,001). В комплекте с этим рефрактометром обычно применяют иммерсионные жидкости с показателями преломления 1,81 и 1,74. При работе с рефрактометрами пользуются обычным электрическим или монохроматическим светом.

Для измерения показателей преломления ювелирных камней без какого-либо ограничения может быть применен прибор "Джеметр". В нем используется лазероподобный луч в инфракрасном диапазоне. Значение показателей преломления с точностью до 0,005 показывает стрелка на шкале. К сожалению, к этим значениям нужно относиться очень осторожно, так как точность показаний зависит от чистоты полировки, температуры среды, размера камня и от многих других факторов.

Двупреломление также один из диагностических признаков. Изотропными являются минералы кубической сингонии (алмаз, гранаты, лазурит, шпинель), ряд синтетических минералов кубической сингонии (ИАГ, фианит и др.), стекла природные (например, обсидиан) и искусственные, смолы (янтарь), твердые гели (опал). Однако в отдельных случаях в некоторых минералах или материалах кубической сингонии (алмаз, синте-

Показатели преломления ювелирных камней

Название минерала	n_g	n_m	n_p
Опал	1,44–1,46		
Обсидиан	1,48–1,51		
Лазурит	1,50		
Амазонит	1,525–1,530	1,522–1,526	1,518–1,522
Лунный камень: адуляр	1,526	1,524	1,518
Солнечный камень: санидин	1,526	1,524	1,518
авантюриновый шпат	1,530	1,526	1,522
Кордиерит	1,527–1,578	1,524–1,574	1,522–1,558
Янтарь	1,537–1,548		
Лунный камень: олигоклаз (разновидность бе- ломорит)	1,536–1,549	1,529–1,542	1,525–1,538
Солнечный камень: олигоклаз	1,536–1,549	1,529–1,542	1,525–1,538
Халцедон: сердолик, карнеол, сардер, сап- фирин, хризопраз, гелиотроп, празем, плазма, агат, оникс	1,537–1,539	1,530	
Скаполит	1,546–1,550	1,540–1,541	
Кварц: горный хрусталь, аметист, цит- рин, дымчатый, или раухтопаз, морион, розовый, моховик, во- лосатик, авантюрин, соколиный глаз, кошачий глаз, тигровый глаз	1,553	1,544	
Чароит	1,559	1,553	1,550
Берилл: изумруд, аквамарин, воробье- вит, илиmorganит, гелиодор, ростерит, гошенит		1,575–1,600	1,566–1,590
Лабрадор	1,568	1,568	1,560
Сerpентин	1,571	1,570	1,560
Агальматолит	1,600	1,588	1,552
Топаз	1,618–1,637	1,610–1,631	1,607–1,629
Гердерит	1,619–1,627	1,609–1,616	1,587–1,604
Бразилианит	1,621–1,623	1,609	1,602
Нефрит	1,624–1,632	1,613	1,599–1,606
Апатит	1,632–1,649	1,628–1,642	
Еремеевит	1,647–1,653	1,638–1,641	
Гагат	1,64–1,68		
Турмалин: рубеллит, сибирит, верделит, дравит, индиголит, ахроит, по- лихромный, увит, шерл, эльба- ит, лиддикватит, тсилаизит, бюргерит		1,634–1,735	1,610–1,658
Бирюза	1,65	1,62	1,61

Название минерала	n_g	n_m	n_p
Сподумен:	1,662–1,689	1,655–1,669	1,653–1,670
гидденит, кунцит			
Жадеит	1,652–1,667	1,645–1,659	1,640–1,654
Фенакит	1,669–1,670	1,654	
Эвклаз	1,671–1,672	1,655	1,652
Хризолит (разновидность оливина)	1,682	1,663	1,642
Диопсид	1,695–1,721	1,672–1,701	1,664–1,695
Цоизит: танзанит, тулит	1,697–1,725	1,688–1,702	1,685–1,705
Хромдиопсид	1,702–1,708	1,680–1,686	1,672–1,671
Пироп	1,705–1,785		
Шпинель	1,712–1,92		
Кианит	1,727–1,734	1,721–1,723	1,712–1,718
Родонит	1,730–1,744	1,726–1,735	1,721–1,728
Тсаворит (разновидностьgrossуляра)	1,731–1,732		
Эпидот	1,734–1,797	1,725–1,784	1,715–1,751
Лейкогранат (разновидностьgrossуляра)	1,737		
Gроссуляp	1,738–1,745		
Уваровит	1,740–1,870		
Гессонит (разновидностьgrossуляра)	1,742–1,748		
Родолит (разновидностьпиропа)	1,745–1,761		
Хризоберилл: александрит, цимфан	1,753–1,758	1,747–1,749	1,744–1,747
Корунд (рубин, сапфир, лейкосапфир, цветные сапфиры)		1,765–1,776	1,757–1,768
Родохрозит		1,786–1,840	1,578–1,695
Альмандин	1,780–1,810		
Спессартин	1,790–1,820		
Бенитоит	1,804	1,757	
Циркон	1,815–1,970	1,780–1,930	
Топазолит (разновидностьандрадита)	1,840–1,890		
Демантоид (разновидностьандрадита)	1,888–1,889		
Андрaдит	1,895		
Малахит	1,909	1,875	1,655
Алмаз	2,417		
Гематит		3,01–3,22	2,73–2,94

тическая шпинель) наблюдается аномальная анизотропия в связи с некоторыми нарушениями структуры, вызванными наличием каких-либо примесей, включений и др. Кроме того, не следует забывать, что в оптически анизотропных минералах также имеются изотропные сечения.

Наличие у минерала двупреломления $n_g - n_p$ можно определить при помощи поляризационных микроскопов, полярископов и др. Поляризационные микроскопы многократно описывались в специальной литературе, поэтому остановимся на менее известных приборах — полярископах. Полярископ представляет собой прибор, специально предназначенный для определения оптической анизотропии камня. Корпус прибора состоит из

ТАБЛИЦА 3

Цвет люминесценции ювелирных камней

Цвет люминесценции	Ультрафиолетовый свет	
	длинные волны (365 нм)	короткие волны (253 нм)
Белый	Алмаз Воробьевит (morganit) Жемчуг Опал Янтарь	Жемчуг Опал Янтарь
Красный, розовый	Александрит Изумруд Кианит Опал огненный Родохрозит Рубин Сапфир Скаполит Шпинель красная	Александрит Алмаз Изумруд Лунный камень Рубин Сапфир Опал огненный Шпинель красная
Оранжевый	Алмаз Кунцит Лазурит Лейкосапфир Сапфир Скаполит Топаз Тсаворит Циркон Шпинель розово-лиловая	Алмаз Сапфир желтый Сапфир Топаз Циркон
Желтый	Алмаз Диопсид Кунцит Опал огненный Скаполит Топаз Тсаворит Циркон Янтарь	Алмаз Топаз Турмалин желтый и коричневый Циркон Янтарь
Зеленый	Алмаз Амазонит Апатит Бирюза Жадеит Жемчуг Изумруд Топаз Шпинель Янтарь	Алмаз Жемчуг Опал Топаз Янтарь

Цвет люминесценции	Ультрафиолетовый свет	
	длинные волны (365 нм)	короткие волны (253 нм)
Голубой, синий	Алмаз Апатит Бирюза Воробьевит (морганит) Диопсид Жадеит Жемчуг Лунный камень Сапфир Янтарь	Алмаз Бенитоит Данбурит Жемчуг Рубеллит
Фиолетовый	Алмаз Апатит Воробьевит (морганит) Гердерит Кварц розовый Фенакит	Янтарь Алмаз Воробьевит (морганит) Родохрозит Скаполит

двух частей. В верхнюю вмонтирован вращающийся анализатор, в нижнюю — поляризатор. На зеркальную поверхность поляризатора помещают исследуемый камень. Анализатор устанавливают в положении темного поля. При наблюдении камень необходимо вращать, изменяя его положение. Погасания и просветления при вращении камня свидетельствуют о наличии оптической анизотропии. Если камень остается темным, то, следовательно, он изотропен.

Показатели преломления минералов изменяются в зависимости от длины световой волны. Это свойство называется *дисперсией*. Дисперсия показателей преломления обуславливает искрящуюся "игру", или "сверкание", ювелирного камня. Для определения величины дисперсии применяют те же методы, что и для определения показателей преломления с использованием монохроматического света с различными длинами волн. При диагностике ювелирных камней обычно определяют не абсолютное значение дисперсии, а "игру", которая при правильной огранке тем больше, чем значительнее дисперсия. К числу минералов с высоким значением дисперсии относятся алмаз (0,063), бенитоит ($N_e - 0,046$; $N_o - 0,039$), демантоид (0,057), циркон (0,039). Чрезвычайно высока дисперсия у синтетического рутила (0,180–0,300), фианита (0,060), ИАГа (0,028–0,038). Очень низка дисперсия обычно у стекол (0,010), кварца (0,013), бериллов (0,014) и др.

Блеск камней тесно связан с показателями преломления. По интенсивности выделяют стеклянный, алмазный, полуметаллический, металлический блеск. Кроме того, различают у некоторых камней жирный и воско-

вой блеск, матовые поверхности, а также перламутровый или шелковистый отлив. Блеск минералов определяют на глаз или вычисляют по значениям измеренных показателей преломления или отражательной способности.

Большинство ювелирных камней имеет стеклянный блеск, реже алмазный (алмаз, демантоид, циркон, эвклаз) и металловидный (гематит).

Ряд минералов и синтетических материалов, используемых в качестве ювелирных камней, обладают способностью светиться под воздействием какого-либо вида возбуждающей энергии — *люминесцировать*. Это свойство также можно с успехом применять при диагностике: при идентификации камня и при отличии их от синтетических аналогов. При этом обычно используют ультрафиолетовое коротковолновое ($\lambda = 253$ нм) или длинноволновое ($\lambda = 365$ нм) излучение. Источником такого излучения могут служить, например, ртутная лампа СВД-120А в сочетании со светофильтром УФС-3 и УФС-6 ($\lambda = 365$ нм) в приборе ОИ-18 или ртутные лампы (с длинами волн 365 нм и 253 нм) в приборе UVSL-25. Цвет люминесценции определяют в темном помещении. Этим способом можно отличить, например, синтетическую шпинель, обычно люминесцирующую, от такого же цвета аквамарина или турмалина, в которых люминесценция не отмечается (табл. 3).

Иногда при диагностике ювелирных камней определяется их *твердость* (табл. 4). Рекомендуется использовать специально выпускаемые наборы карандашей твердости с заостренными кусочками минералов, соответствующих эталонам шкалы Мооса. Удобно одновременно иметь эталоны с площадками, на которые можно было бы наносить царапины исследуемым минералом. Определяя твердость ограненных камней, необходимо царапать каким-либо эталоном только по рундисту или царапать камнем по ровной поверхности минерала-эталона. При определении твердости нельзя забывать о том, что для многих минералов характерна анизотропия твердости (например, у турмалина, кианита и др.).

Спайность — одно из характерных диагностических свойств минералов. При диагностике обработанных камней это дополнительный способ определения.

Совершенной и ясной спайностью характеризуются алмаз, эвклаз, топаз, сподумен (кунцит, гидденит), полевые шпаты (амазонит, лабрадор, лунный и солнечный камни), диопсид (хромдиопсид), лазурит, кианит, эпидот, цоизит (танзанит, тулит), бразилианит. Ясная спайность наблюдается у хризоберилла (александрита, цимофана), а средняя — у кордиерита, циркона, чароита, фенакита, скаполита.

Плоскости спайности при диагностике обработанных кристаллов можно обнаружить на дефектах полировки, сколах или трещинках, параллельных или расположенных под определенным углом и заметных, как правило, под микроскопом.

В отдельных случаях в целях диагностики определяют *плотность* камня.

Существует достаточно много методов определения плотности: весовые, объемные, иммерсионные, радиационные, рефрактометрические, аналитические, рентгеновские и др.

ТАБЛИЦА 4

Твердость ювелирных камней

Название	Твердость (ед., по шкале Мооса)	
	средняя	пределы изменения
Агальматолит	1	1
Янтарь	2	2-3
Сerpентин		2,5-3
Гагат		2,5-4
Коралл	3	3,5
Малахит, мраморный оникс, родохрозит		3,5-4
Жемчуг		3,5-4,5
Кианит (дистен)	4	4,5 (7)
Обсидиан, апатит	5	5
Чароит		5-5,5
Бирюза, бразилианит		5-6
Опал, диопсид (хромдиопсид), лазурит		5,5-6
Бразилианит, гердерит		5,5
Нефрит, родонит, гематит		5,5-6,5
Танзанит, скаполит	6	6
Амазонит, беломорит, лабрадор, лунный камень, солнечный камень, бенитоит		6-6,5
Эпидот		6,5
Хризолит (оливин), халцедон и его цветные разновидности, жадеит, демантоид, топазолит		6,5-7
Циркон, сподумен (кунцит, гидденит)		6,5-7,5
Кварц и его цветные разновидности (аметист, горный хрусталь, цитрин, дымчатый, розовый)	7	7
Турмалин, гроссуляр, гессонит, пироп, родолит, кордиерит, спессартин		7-7,5
Эвклаз, уваровит, алмадин		7,5
Берилл и его разновидности (аквамарин, изумруд, воробьевит, гелиодор, ростерит, гошенит), фенакит		7,5-8
Топаз, шпинель	8	8
Хризоберилл и его разновидности (александрит, цимофан)		8,5
Рубин, сапфир	9	9
Алмаз	10	10

Для определения плотности ювелирных камней наиболее удобным, пожалуй, является метод уравнивания в тяжелых иммерсионных жидкостях как метод, не требующий разрушения материала и достаточно экспрессный. Наиболее применим при этом бромформ — CHBr_3 (плотность $2,89 \text{ г/см}^3$, разбавитель — спирт), жидкость Туле — $\text{HgI}_2 + 2\text{KI}$ (плотность $3,17 \text{ г/см}^3$, разбавитель — вода) и жидкость Клеричи —

$(\text{CH}_2 \cdot \text{COO})_2 \text{Ti}_2 + \text{HCOOTi}$ (плотность $4,27 \text{ г/см}^3$, разбавитель — вода). При работе сравнивают плотности определяемых минерала и жидкости, исходной или разбавленной соответствующими разбавителями. Плотность жидкости можно установить при помощи выпускаемых промышленностью денсиметров — ареометров со шкалой, отградуированной в единицах плотности. Для определения плотности жидкости можно применять и различные индикаторы с известной плотностью: фабричные (например, выпускаемые фирмой "Райнер"), кусочки минералов или стекол с замеренной заранее плотностью. Для этой же цели можно использовать, например, весы Вестфалья и т.д.

Точные значения плотности получают методом гидростатического взвешивания и др., но они менее экспрессны. Для диагностики минерала можно, естественно, использовать классический метод рентгеноструктурного анализа.

Для диагностики ряда ювелирных камней имеет значение наблюдение различных характерных включений (волоконистых включений — биссолита в демантоиде, белых включений — "снежных знаков" в аквамарине, рутила в корундах и др.).

Плотность ювелирных камней

<i>Название</i>	<i>Плотность, г/см³</i>
Янтарь	1,05–1,09
Гагат	1,3–1,4
Опал	2,0–2,2
Обсидиан	2,33–2,42
Лазурит	2,38–2,42
Бирюза	2,40–2,88
Серпентин	2,5–2,7
Кордиерит	2,53–2,78
Чароит	2,54–2,68
Лунный камень (адуляр)	2,54–2,57
Амазонит	2,54–2,63
Солнечный камень (авантюриновый шпат)	2,56–2,58
Халцедон (и его разновидности)	2,57–2,58
Коралл (розовый, красный)	2,6–2,7
Жемчуг	2,6–2,8
Мраморный оникс	2,6–2,8
Скаполит	2,61–2,75
Солнечный камень (авантюрин-олигоклаз)	2,62–2,65
Лунный камень (перистерит)	2,62–2,65
Беломорит	2,62–2,65
Берилл (и его разновидности: изумруд, воробьевит, аквамарин, гелиодор, ростерит)	2,50–2,90
Скаполит	2,50–2,78
Кварц	2,65
Агальматолит	2,66–2,90
Лабрадор	2,68–2,70
Нефрит	2,9–3,3
Турмалин	2,90–3,31
Фенакит	2,95–3,00
Гердерит	2,95–3,02
Бразилианит	2,98–2,99

Одонтолит ("костяная бирюза")	3,00—3,10
Эвклаз	3,02—3,10
Цоизит (танзанит). Апатит	3,10—3,35
Сподумен (и его разновидности: кунцит, гидденит)	3,16—3,20
Хромдиопсид	3,20
Диопсид	3,27
Жадеит	3,30—3,36
Еремеевит	3,3
Хризолит (оливин)	3,32—3,50
Эпидот	3,35—3,48
Родонит	3,40—3,70
Уваровит	3,40—3,80
Родохрозит	3,4—3,6
Гессонит	3,50—3,75
Лейкогранат	3,506
Пироп	3,51
Топаз	3,50—3,57
Алмаз	3,52
Кианит (дистен)	3,56—3,68
Шпинель	3,5—3,7
Гроссулярь	3,60—3,65
Тсаворит	3,62
Шпинель-цейлонит	3,63—3,70
Хризоберилл (и его разновидности: александрит, цимофан)	3,63—3,83
Бенитоит	3,64—3,68
Пироп	3,65—3,87
Азурит	3,7—3,9
Пироп-амальдин	3,70—3,95
Андрадит	3,75
Меланит	3,75—3,85
Демантоид	3,82—3,85
Родолит	3,83—3,93
Малахит	3,9—4,1
Циркон	3,95—4,80
Альмандин	3,95—4,25
Корунд: сапфир, рубин	3,99—4,05
Спессартин	4,12—4,20
Пирит	4,9—5,2
Гематит	4,95—5,26

Методы и техника обработки ювелирных камней

Ювелирные камни в природе часто встречаются в виде прекрасных кристаллов и изумительных по красоте образцов, отличающихся сильным блеском и природной игрой света. Однако человек уже в глубокой древности научился усиливать красоту, блеск и сияние камней путем их дополнительной обработки. Все достоинства и красота ювелирного камня проявляются особенно ярко после его обработки, "...после слияния камня с мастерством..." — по образному выражению А.Е. Ферсмана.

Цветные камни обрабатывали уже в IV тысячелетии до н.э. в Древнем Вавилоне. Украшения из лазурита, яшмы, бирюзы и других камней в виде отшлифованных и округленных пластин найдены при раскопках древних захоронений. Там же обнаружены цилиндрические печати и амулеты из гематита с разными рисунками и знаками. В III тысячелетии до н.э. такими печатями стали пользоваться и в Древнем Египте.

Техника обработки цветных камней того времени была весьма простой: нужную форму придавали, обрабатывая камни кварцевым мелким песком на каменной неподвижной плите, а затем более твердыми минералами выцарапывали рисунки или надписи. В 2000—1800 гг. до н.э. обработка цветных камней несколько усложнилась. В Древнем Египте стали вырезать сложные печати в форме жуков-скарабеев или фигур животных, а для крито-микенского искусства характерны различные орнаменты. В Древней Греции уже в I тысячелетии до н.э. появились геммы с изображениями животных, позже на геммах стали вырезать мифических героев и богов. Особого развития искусство резьбы по камню достигло в Древнем Риме. Первоначально античные мастера для изготовления гемм использовали камни преимущественно группы кварца — оникс, карнеол, празем, яшму, агат, аметист и др., а в более поздние времена (в VI—V вв. до н.э.) стали применять более твердые камни — берилл, изумруд, топаз, гиацинт, гранат и др. и более мягкие — обсидиан, нефрит, лазурит, бирюзу и др.

Ювелирные камни обрабатывали при помощи кварцевого песка [25], для шлифования использовали "фивский песок" или песок, получаемый из пемзы и ноздреватого камня, а геммы вырезали мелкими пloidками алмаза, вставленными в железные державки.

В средние века ювелирные камни обрабатывали по определенным правилам. В XII в. в работе Теофила "Описание различных искусств" приведена методика обработки ювелирных камней. В соответствии с ней горный хрусталь распиливали специальными железными пилами, подсыпая

мокрый мелкий кварцевый песок. Песчинки, подхваченные зубчатой поверхностью пилы, процарапывали острыми кромками распиливаемый камень, в результате в нем постепенно образовывался распил. Отпиленную часть камня приклеивали на державку из дерева и далее камень шлифовали на неподвижной плите грубозернистого песчаника, а затем более мелкозернистого. Камень шлифовался круговыми движениями по плите, поверхность которой непрерывно смачивали водой. Постепенно изменяя угол наклона державки, получали округлую поверхность камня, похожую на современный кабошон.

Поверхность изделий из горного хрусталя полировали на свинцовой плите, покрытой увлажненным толченым кирпичом. При полировании более твердых камней (бериллов, изумрудов, рубинов, сапфиров и др.) использовали тонкий порошок из дробленого горного хрусталя.

В XIII—XIV вв. в Европе появляются так называемые шлифовальные мельницы, на которых при помощи водяного привода вращали большие каменные шлифовальные диски, а также малые мельницы с ручным приводом. Очень часто использовали мельницы, на которых шлифовальные камни вращались в вертикальной плоскости. При этом огранщик шлифовал камень лежа, опираясь грудью и плечами на специальное устройство.

Главные центры огранки драгоценных камней в средние века — Париж, Фрейбург и Идар-Оберштейн, Прага. Г.В. Банк [4] пишет, что в 1290 г. в Париже образовался ремесленный цех шлифовальщиков камней, а с 1327 г. шлифовальные мельницы начали работать во Фрейбурге. В Праге искусство шлифования получило развитие в 1346—1378 гг. Сообщения о первых агатовых мельницах в Идар-Оберштейне относятся к 1454 г.

В 1456 г. для шлифования алмаза стали применять алмазный порошок, что послужило толчком к дальнейшему быстрому развитию обработки драгоценных камней. Именно тогда придворный ювелир бургундского герцога де Беркем впервые предложил огранить алмаз в форме розы. Беркем закреплял в специальном цементе два алмаза и тер их друг о друга для получения алмазного порошка. Этот порошок наносили на металлический диск, который вращался в специальном станке, предназначенном для огранки алмазов.

Крупными центрами огранки алмазов в XV—XVI вв. были Париж и Антверпен, которые являлись в то время основными поставщиками бриллиантов. В Париже около 1600 г. была разработана полная бриллиантовая огранка алмаза, которая с некоторыми изменениями сохранилась до наших дней. С середины XVII в. и до настоящего времени центры обработки бриллиантов — города Антверпен и Амстердам.

Бриллиантовая огранка алмаза обеспечивает наибольшую игру камня, при которой свет отражается от нижней части бриллианта и выходит из его верхней части, распадаясь на все цвета спектра.

Еще в глубокой древности в Индии ювелиры установили, что шлифование граней кристалла алмаза позволяет улучшить его блеск и вид. Так, появилась простейшая огранка — "октаэдр"; при более сложной форме у кристалла стачивали одну вершину до образования плоской площадки, а затем естественные грани алмаза шлифовали и полировали. Эта форма огранки была распространена и в Европе до начала XIV в. Изобретение

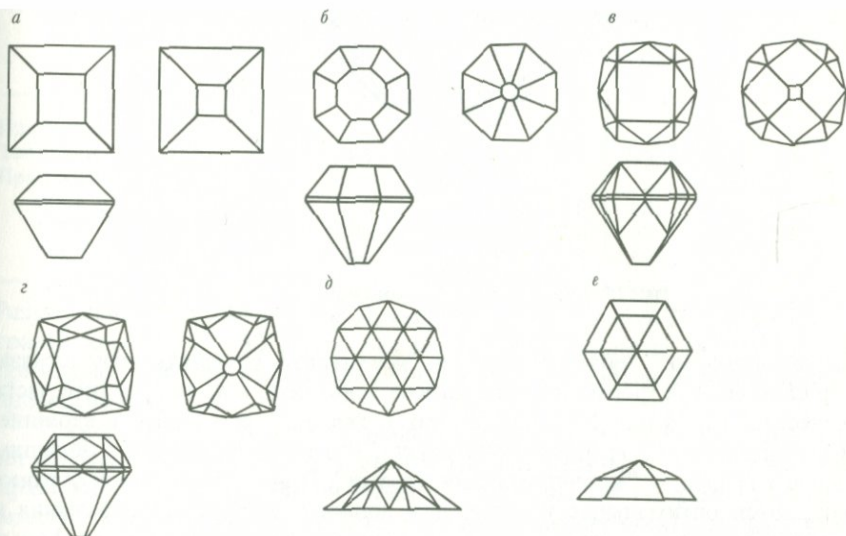


Рис. 13. Эволюция огранки алмаза:

а — октаэдр; *б* — старая ординарная; *в* — "Мазарини"; *г* — "Перуцци"; *д* — голландская роза; *е* — антверпенская роза

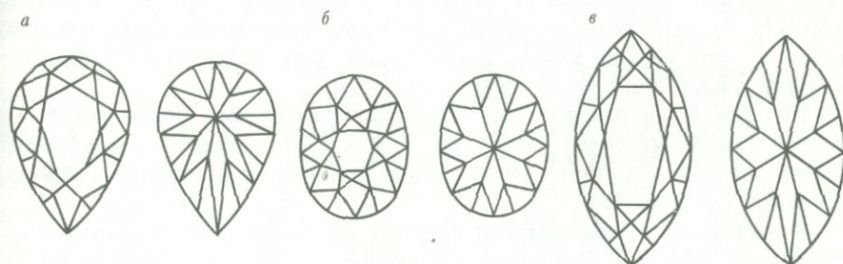


Рис. 14. Фантазийные формы огранки:

а — овальная, *б* — грушевидная, *в* — "маркиз"

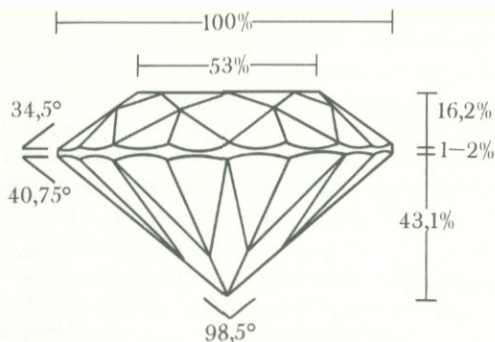


Рис. 15. Бриллиант М. Толковского

огранки формы "роза" позволило значительно улучшить игру алмаза. Бриллиант этой формы имеет плоское основание, а на его верхней части нанесены 12, 24 или 32 грани (фацеты), сходящиеся в центре в вершине. Бриллианты с 12 гранями назывались "Розами д'Анвер", а с большим числом граней — "коронованными розами". При бриллиантовой огранке создаются оптимальные условия для полного внутреннего отражения и дисперсии света в алмазе. Сначала применялась самая простая форма бриллиантовой огранки, при которой на верхней и нижней частях бриллианта находилось по восемь граней. Ювелиры называли такую огранку ординарной или простой. В настоящее время так гранят мелкие алмазы, получая бриллианты массой от 1/50 до 2/300 кар. На рис. 13 показана эволюция огранки алмаза.

При бриллиантовой огранке принято называть верхнюю его часть коронкой или верхом, нижнюю часть — низом или павильоном. Плоская часть коронки называется таблицей или площадкой, а линия, отделяющая коронку от павильона, — рундистом. Грани павильона сходятся в одну точку — шип. Раньше вместо шипа делали одну маленькую площадку — калетту, в настоящее время калетту не делают.

Позднее были разработаны более сложные формы бриллиантов — с числом граней на обеих частях по 16 или 32 в верхней и 24 в нижней частях, которые соответственно называли двойной и тройной (полной) огранкой (см. рис. 13).

В настоящее время алмазам придают формы: "маркиз", "панделок", овальную, "груша", "бриолет", угловатую, "изумрудная", "каре" и др. (рис. 14), а также описанные классические формы.

В 1938 г. М. Толковским была рассчитана "идеальная" форма огранки бриллианта (рис. 15). Верхняя часть бриллианта имеет высоту 0,144 от величины диаметра камня (Д), диаметр площадки 0,53 Д, угол наклона основных граней $40,85^\circ$. Общая высота бриллианта 0,58 Д, а высота рундиста 0,01–0,02 Д.

В СССР применяют чаще всего практическую бриллиантовую огранку, которая позволяет наиболее рационально использовать алмазное сырье.

ТАБЛИЦА 5

Тип огранки	Толщина рундиста, % от Д	Углы наклона основных гра- ней к площа- ди рундиста		Высота, в % от диаметра			Диаметр площадки, % от Д	Соотноше- ние высот верха и низа
		низа	верха	верха	низа	общая		
Идеальная								
Толковского	1,5	40,7	34,5	16,2	43,1	60,3	53,0	1 : 2,7
Практическая:								
тип I	1,4	38,6	35,6	16,0	39,9	57,3	55,3	1 : 2,5
тип II	1,5	40,1	33,1	14,0	42,1	57,6	57,1	1 : 3,0
тип III	6,3	41,7	32,8	10,0	44,6	60,9	69,0	1 : 4,5

Размер площадки 50–65 % от Д, высота рундиста 2–5 % Д, угол наклона граней коронки 30–40°, угол наклона граней павильона 38–42°. В ФРГ применяют три типа практической огранки, основные параметры которых приведены в табл. 5.

Размер и число граней в бриллианте влияют на их игру. Крупные камни изготавливают с большим числом граней, мелкие — с меньшим. Как правило, бриллианты массой менее 0,03 кар имеют 17 facets, камни массой 0,03–0,05 кар 33 facets (швейцарская огранка); однако чаще всего бриллианты массой более 0,03 кар имеют 57 facets: в верхней части 33, в нижней 24 (рис. 16, а, б, в),

В последние годы зарубежными фирмами разработаны новые, более сложные формы огранки бриллиантов крупной формы. Существует форма огранки Хайлайт-Кат (рис. 16, г) на 73 facets (вверху 41, внизу 32), эта огранка значительно улучшает игру бриллиантов и рекомендуется для крупных камней массой более 1 кар. Для крупных бриллиантов применяют "королевскую" огранку (рис. 16, д) с 86 facets (49 вверху и 37 внизу), а также "величественную" огранку — 102 facets (61 вверху и 41 внизу). Кроме того, иногда применяют спиральную огранку.

Форма бриллиантов может быть различной: чаще всего круглая, но для крупных кристаллов используют формы: "маркиз", "груша", овальная, багет, изумрудная и др. При огранке драгоценных камней решающее значение имеют оптимальные углы наклона граней павильона, так как пучок лучей света, входящий через коронку в камень, должен "отражаться от граней низа и выйти через грани верха в воздух". Чем большее число лучей света выйдет из камня, тем лучше блестит и сверкает камень. Если же грани павильона будут наклонены не под оптимальными углами, то большая часть лучей пройдет через камень, не отражаясь от нижних граней, блеск камня будет тусклым, а цвет бледным. Показатель преломления у различных цветных камней различный, поэтому для каждого камня существуют свои критические углы наклона граней низа. Показатель преломления n определяется отношением $\sin i : \sin r$, т.е. (рис. 17, а)

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}, \quad (1)$$

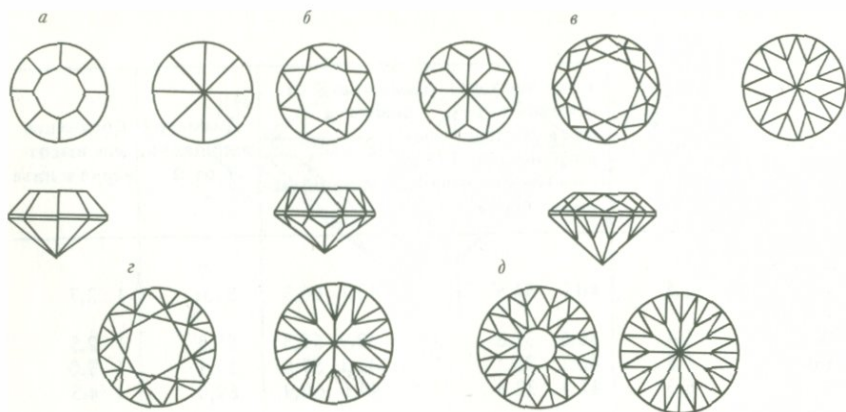


Рис. 16. Современные формы огранки:

а — простая, 17 facets; *б* — швейцарская, 33 facets; *в* — полная, 57 facets; *г* — Хайлайт-Кат, 73 facets; *д* — королевская, 86 facets

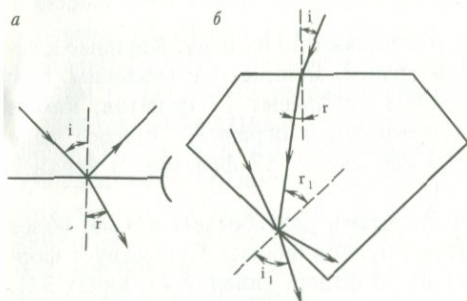


Рис. 17. Ход лучей в камне:

а — преломление лучей света; *б* — полное внутреннее отражение лучей в камне

где i — угол падения луча света на поверхность камня; r — угол преломления луча света в камне.

Когда луч света АВ попадает из камня в воздух, углы падения и преломления могут меняться местами: меньшим становится угол падения r_1 , большим — угол преломления i_1 (рис. 17, б). В связи с этим формула (1) принимает вид:

$$\frac{\sin r_1}{\sin i_1} = \frac{1}{n}. \quad (2)$$

В этом случае при увеличении угла r_1 направление вышедшего из кристалла луча приближается (с увеличением i_1) к направлению поверхности камня и при некотором значении сольется с ней. При этом угол i будет равен 90° , а $\sin i = 1$. Тогда формула (2) будет иметь следующий вид:

$$\sin r_1 = \sin \theta = \frac{1}{n}. \quad (3)$$

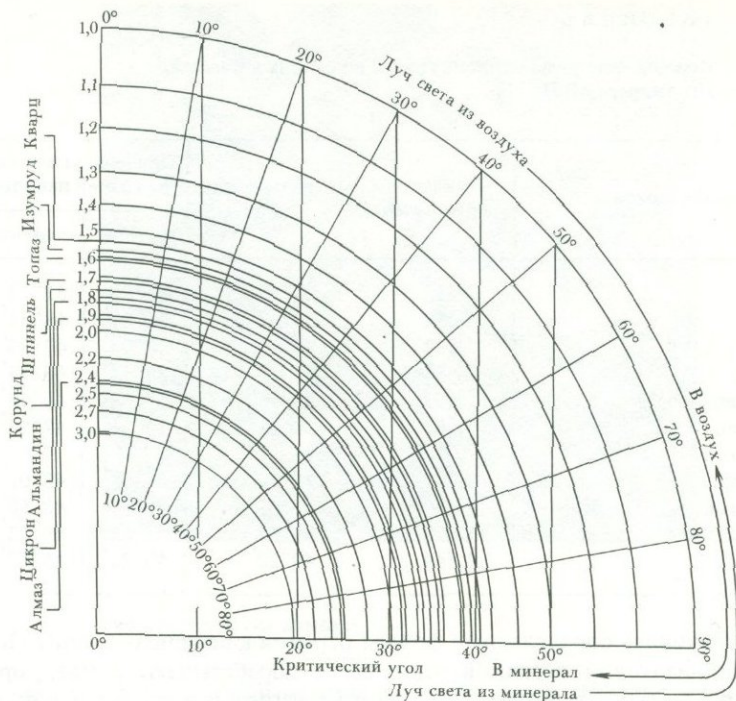


Рис. 18. Номограмма Б.В. Витковского

С этого момента при дальнейшем увеличении угла r луч света не сможет выйти из камня и будет отражаться от его поверхности. Угол θ называется углом полного внутреннего отражения или критическим углом. У цветных ювелирных камней наименьший критический угол у алмаза ($24^{\circ}5'$), а наибольший у кварца — $40^{\circ}3'$. Чем меньше угол θ , тем больше область углов, при которых происходит явление полного внутреннего отражения. У алмаза эта область углов находится между $24^{\circ}8'$ и 90° , т.е. $65^{\circ}2'$, а для кварца эта область углов составляет только $49^{\circ}7'$.

Для того чтобы каждый раз не производить вычислений, пользуются номограммой (рис. 18), разработанной Б.В. Витковским. Веерообразно расходящиеся радиусы на ней соответствуют углам падения световых лучей в воздухе на поверхность камня, вертикальные линии — углу преломления световых лучей в камне, концентрические окружности — показателю преломления камня.

Луч света полностью отражается от граней низа в том случае, если он падает под углом, не меньшим критического для данного камня, — это нижний предел угла наклона граней павильона. Верхний предел угла наклона граней павильона определяется разностью между 180° и критическим углом, деленной на 3 (табл. 6).

Ювелирным камням при огранке придают различную форму. Истори-

Критические углы наклона граней ювелирных камней.
По Андрееву В.Н. [1]

Название камня	Показатель преломления	Критический угол	Пределы углов наклона граней павильона	
			нижний	верхний
Алмаз	2,419	24°25'	24°25'	51°12'
Корунд	1,768	34°27'	34°27'	48°31'
Топаз	1,622	38°07'	38°07'	47°18'
Изумруд	1,581	39°14'	39°14'	46°55'
Аквамарин	1,569	39°36'	39°36'	46°48'
Турмалин	1,687	36°21'	36°21'	47°53'
Гранаты:				
пироп	1,705	35°55'	35°55'	48°02'
альмандин	1,830	33°07'	33°07'	48°58'
демантоид	1,825	31°51'	31°51'	49°23'
Кварц	1,544	40°22'	40°22'	46°32'

чески сложились определенные формы огранки ювелирных камней. Круглой бриллиантовой огранкой чаще всего обрабатывают алмаз, горный хрусталь, циркон, турмалин, топаз, реже изумруд и рубин. Одинарной или двойной розой гранят главным образом гранаты, уплощенные алмазы и некоторые темные, слабо просвечивающие камни.

Ступенчатую огранку в форме квадрата, прямоугольника или ромба используют при обработке прозрачных цветных камней: берилла, изумруда, гиацинта, сапфира, рубина и граната.

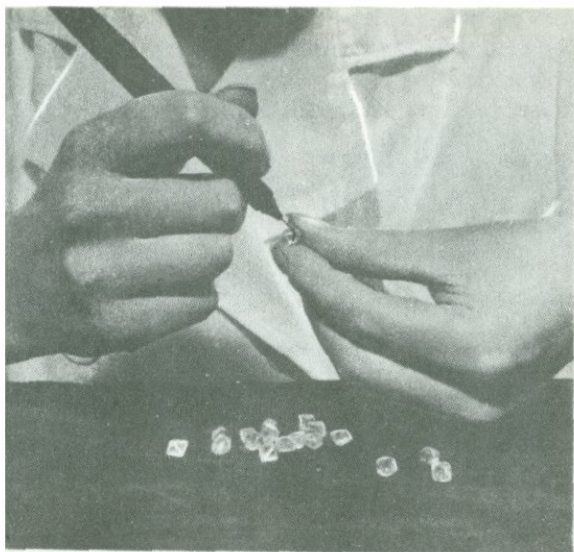
Огранку кабошоном используют для непрозрачных камней: бирюзы, лунного камня, яшмы, малахита, лазурита и др., так же обрабатывают изумруды, сапфиры и рубины пониженного качества.

Огранка клиньями применяется при обработке лазурита, агата, яшмы и др.

Огранка любого ювелирного камня состоит из ряда последовательных операций: предварительного осмотра и разметки; распиливания или раскалывания; придания формы (обдирка); огранки, шлифования и полирования.

Предварительный осмотр камня проводится для определения наиболее оптимального раскроя камня с учетом дефектов, неравномерности окраски, возможной формы огранки и т.п.

Разметка цветных камней осуществляется таким образом, чтобы наиболее густоокрашенная часть его располагалась в нижней стороне ограненного камня. Линии распиливания или раскалывания намечают рапидографом (рис. 19); при этом необходимо учитывать, как лучше убрать дефекты камня в процессе огранки. Операция по разметке камня весьма ответственная. Она требует большого опыта и знаний особенностей камня — его



з. 19. Разметка алмазов

сталлографического строения и т.д. Именно этот процесс получения хорошо обработанного камня с наилучшими цветиственными характеристиками.

нием или раскалыванием ювелирные камни разделяют на ные для последующей обработки. Раскалывание в настоящее няют реже распиливания, в основном если обрабатывают кенной формы или алмазы с дефектами, устраняемыми при 1. Алмаз закрепляют специальным цементом на оправке, на для осколком алмаза наносят риску (черту), а затем с по- тального ножа, вставляемого в риску, откалывают часть

ют алмазы по определенным плоскостям, не соответствующи- ниям раскалывания. Эти плоскости располагаются парал- м куба или додекаэдра, вписанных в октаэдр. Распиливают эциальном станке (рис. 20) тонкими дисками из оловянисто- бронзы, шаржированным и алмазным микропорошком. Тол- ,04—0,08 мм, диаметр около 80 мм. Подрезной диск закреп- щаях шпинделя, он может выступать за фланцы не более чем

На него наносят специальным приспособлением алмазную алмазного порошка и типографской олифы). Нагрузка на ерации подрезки не должна превышать 100—120 г. Кристалл а глубину 1—1,5 мм. Число оборотов диска — около мин. Скорость вращения шпинделя в современных станках 14 тыс. об/мин.

овелюрные камни распиливают на специальных станках при

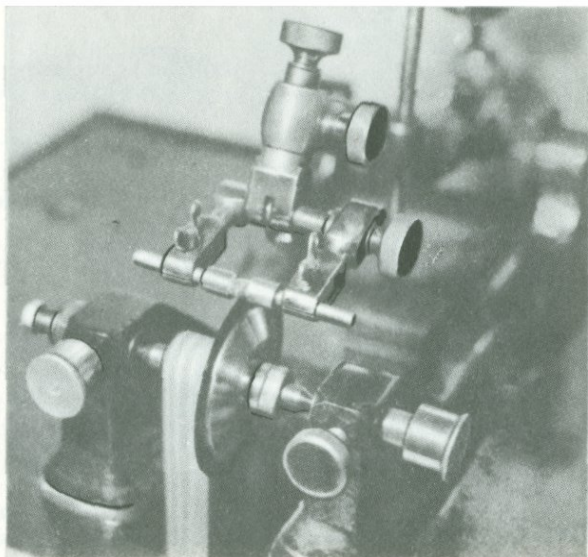


Рис. 20. Распиливание алмаза

помощи тонких алмазных дисков, делающих до 8 тыс. об/мин. В место распила для охлаждения обязательно подают воду. Камень закрепляют в зажиме и вручную подают навстречу движению вращающегося диска (см. рис. 20).

Обычно для распиливания цветных камней используют алмазные диски типа АОК диаметром 100 мм (обозначение диска АОК 100 × 0,3 × 5 × 20) с зернистостью алмазов 160/125 мкм и массой алмазов в диске около 0,5 кар.

Операцией обдирки придают обрабатываемому камню предварительную форму. Обдирку производят вручную алмазным резцом, закрепленным в державке. Алмазу придают круглую или другую форму, острые ребра и грани сглаживают. Обычно размер камня, которым производят обдирку, соответствует размеру обдираемого камня. Камни обдирают на специальных станках при помощи круга, армированного алмазами. Число оборотов вращающегося камня 100–700 об/мин, а алмазного диска около 3 тыс. об/мин. Обычно для этой операции используют алмазные диски диаметром 250 мм с зернистостью алмазов 125/100 мкм и массой алмазов около 300 кар. Обрабатываемый камень приклеивают специальной мастикой к торцу оправки, которую вставляют в соответствующее устройство на станке. Обрабатывают камень в струе воды. Для получения заготовок сложной формы (овальной, "маркиз", "груша" или др.) камень обрабатывают специальным копиром.

Операция шлифования ювелирных камней — самая ответственная и наиболее трудоемкая. Шлифуют камни на специальных станках, вращающих ограночный диск. При шлифовании алмазов применяют чугунные

диски, шаржированные алмазным микропорошком зернистостью 5–7 мкм. Скорость вращения дисков — до 4 тыс. об/мин. Алмаз закрепляют в приспособление "Кристалл", которое дает возможность поворачивать камень на требуемый угол. Вначале шлифуют верхнюю площадку, затем камень переставляют и гранят нижнюю часть бриллианта; при этом сначала шлифуют четыре основные грани под углом 40–42° к плоскости рундиста, а потом четыре угловые грани и клинья на гранях низа. После этого камень переставляют и шлифуют верхнюю часть бриллианта. При массовом изготовлении бриллиантов используют пооперационный метод огранки, т.е. каждый рабочий специализируется на огранке определенных граней.

Огранку, шлифовку и полировку цветных камней производят на станках типа 0126-А, обеспечивающих скорость вращения до 2500 об/мин. Обрабатывают камни на алмазном круге типа АІ-ПВ диаметром 140 мм. Камень прикрепляют мастикой к державке, которую закрепляют в квадрате с угловым конусом и шайбой с делениями. Шлифуют площадку, затем грани низа камня и верхнюю часть. Для огранки используют алмазные круги с зернистостью алмазов 60/40 мкм, которые постоянно омывают водой, а для полирования — круги, армированные алмазами зернистостью 7/5 мкм и охлаждаемые веретенным маслом. Некоторые цветные камни полируют на оловянных или свинцовых дисках, применяя окись хрома, трепел или другие "мягкие" абразивы.

Камни непрозрачные или со значительным дефектом гранят в форме кабошонов. Как правило, это делают вручную, постепенно изменяя угол наклона державки. Высота правильного кабошона должна быть равной радиусу камня. Если высота больше, то кабошон относится к типу высоких, а если меньше — к плоским. Для усиления прозрачности полупрозрачных камней (а следовательно, чтобы лучше был виден цвет камня) иногда делают вогнутую площадку. Встречаются выпуклые кабошоны, а также смешанная огранка. В последние годы кабошоны и граненые камни обрабатывают на автоматических станках.

После изготовления камень отделяют от державки, промывают в ультразвуковой ванне и сушат. Бриллианты кипятят в серной кислоте с добавкой азотнокислого калия в соотношении 10:1, при температуре 150–160 °С. Затем их промывают в дистиллированной кипящей воде, омывают спиртом и просушивают.

После этого производят оценку камней по массе, форме, цвету, группам порочности. Далее их упаковывают в бумажные пакеты, на которых пишут название камня, количество их в штуках, массу камней, цену 1 кар. Камни крупнее 1 кар упаковывают отдельно по 4 шт.

Бриллианты в соответствии с техническими условиями по форме делятся на круглые (17, 33 или 57 граней), "маркизы" (55 граней), грушевидные (56 граней), "изумруд" (57 граней), "багет трапецевидные" и "багет прямоугольные" (25 граней), овальные (57 граней), угловатые (57 граней), квадратные (25 граней), треугольные (19, 31 и 37 граней), шестиугольные (37 граней), восьмиугольные (49 граней). По массе бриллианты подразделяются на три группы: мелкие (до 0,29 кар включительно), средние (от 0,3 до 0,99 кар) и крупные (более 1 кар).

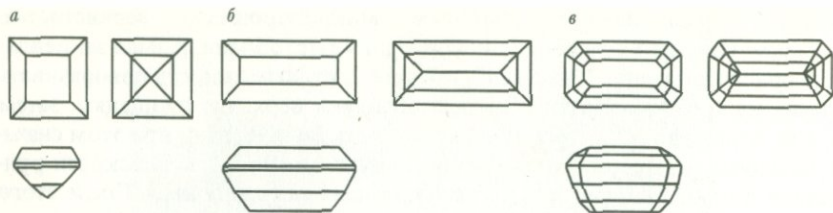


Рис. 21. Формы огранки изумруда:
а — каре; б — прямоугольная; в — изумрудная

Техническими условиями предусмотрена классификация бриллиантов по группам дефектности. Мелкие бриллианты с 17 или 33 гранями подразделяются на 5 групп дефектности, с 57 гранями — на 8 групп, а средние и крупные — на 11 групп.

Цвет бриллиантов определяют визуально при дневном освещении, падающем с северной стороны, путем сравнения его с цветом белой бумаги (ГОСТ 9363—60). Для арбитражного определения цвета установлены эталонные образцы бриллиантов.

В зависимости от цвета и интенсивности окраски бриллианты разделяются на группы: мелкие с 17 и 33 гранями — на четыре, мелкие с 57 гранями — на семь, средние и крупные — на девять групп.

Бриллианты с уникальным цветом (голубым, розовым, изумрудно-зеленым и др.) относятся к I группе цвета.

Бриллианты последних групп дефектности независимо от их цвета относят к последним группам цвета.

Изумруды по техническим условиям обработки делятся на две категории: граненые изумруды, кабошоны.

По цвету обработанные изумруды разделяются на пять групп: темно-зеленые, нормально-зеленые, средне-зеленые, светло-зеленые, с зеленоватым оттенком (светлые).

По качеству граненые изумруды разделяются на три, а кабошоны на две группы.

При огранке изумрудам придают преимущественно изумрудную форму, но допустимы и другие формы огранки (рис. 21). Мелкие изумруды массой до 0,1 кар гранятся только квадратной формы (каре).

Сапфиры по цвету подразделяются на две группы: нормально-синие и светло-синие. Форма огранки их может быть различная, кроме того их обрабатывают в виде кабошонов. По степени дефектности сапфиры разделяются на две группы.

Рубины по цвету разделяются на две группы: ярко-красные и нормально-красные. По дефектности они также делятся на две группы.

Требования к ограненным полудрагоценным камням в СССР определяются ОСТом 4197—74 "Камни самоцветные природные ограненные". Согласно ОСТу поверхность граней ограненного камня должна быть зеркально блестящей: недопустимы непрополированные участки, раковины, штрихи, царапины, видимые невооруженным глазом, сколы на гранях,

ребрах и по рундисту, ребра — ровные, четко ограничивающие грань. Ребра смежных граней должны сходиться в одну точку, а площадка должна быть перпендикулярной к оси, проходящей через вершину вставки.

Поделочные цветные камни, из которых изготовляют вставки, в зависимости от декоративных качеств и ценности разделяются на четыре группы в соответствии с ОСТом 4191—74 "Вставки в ювелирные изделия из природных поделочных цветных камней":

I — доломит, змеевик, лиственит, мраморный оникс, офиокальцит, родусит, хибинит;

II — беломорит, джеспилит, кахолонг, розовый кварц, кремнь декоративный, обсидиан, пегматит графический, роговик, яшма;

III — агат-периливт, амазонит, лабрадорит иризирующий, родонит, халцедон цветной;

IV — агат, лазурит поделочный, нефрит, сердолик, жадеит бледно-зеленый, жадеит серый с зелеными прожилками, хризопраз бледно-зеленый.

Наиболее ценны камни IV группы, наименее — I.

Вставки из редких дорогостоящих цветных камней выделяются отдельно по видам: аметистовые щетки; бирюза яркая голубая и зеленовато-голубая; бирюза бледная голубая и зеленовато-голубая; жадеит зеленый и ярко-зеленый; лазурит ювелирный; хризопраз зеленый и ярко-зеленый.

Размерность вставок из поделочных цветных камней определяется суммарной величиной, полученной от сложения двух взаимно перпендикулярных линейных осевых размеров плоскости основания вставки.

На вставках для всех групп камней не допускаются сколы и раковины на лицевой поверхности, трещины, угрожающие целостности камня, блеклая невыразительная окраска. Лицевая поверхность камня должна быть зеркально блестящей, равномерно прополированной, без видимых невооруженным глазом царапин и следов обработки.

Природные ювелирные камни

Алмаз

Свойства алмаза

Этот удивительный минерал известен людям уже около пяти тысяч лет, однако он до сих пор привлекает к себе пристальное внимание. Описывая алмаз, десятки раз употребляют слово "самый" — самый твердый, самый блестящий, самый износостойкий, самый дорогой, самый редкий, самый теплопроводный и т.д. Необыкновенные свойства способствовали возникновению легенд и поверий, связанных с этим камнем. Название алмаз произошло от искаженного греч. *'ад'амаς* (адамас) — неодолимый, несокрушимый.

В Древней Индии считали, что алмазы образованы из "пяти начал природы" — земли, воды, неба, воздуха и энергии. Индусы делили алмазы на несколько каст: брахманы (самые дорогие) — бесцветные, белые, кшатрии — слегка окрашенные, войшье — зеленоватые и шудры — серые. Алмазам приписывали магические свойства, поэтому сведения об их свойствах и добыче тщательно скрывали.

В Европу алмазы попали, видимо, в VI—V вв. до н.э. В Британском национальном музее хранится бронзовая статуэтка с двумя необработанными алмазами вместо глаз. Она найдена в Древней Греции и относится к V в. до н.э. Плиний Старший в "Естественной истории" описал ряд свойств алмазов, причем наряду с правильными представлениями об его твердости, спайности, блеске и прозрачности он приводит фантастические, выдуманные. Так, например, он пишет, что "алмаз образуется вместе с горным хрусталем, разламывается от свежей и теплой козлиной крови..., противится двум сильнейшим веществам — железу и огню..., имеет антипатию к магнитному камню — будучи положен возле него, не допускает, чтобы железо от него притягивалось, а ежели магнит притянет железо, то алмаз хватает оное и отнимает от него..., соделывает бессильными яды, прогоняет пустые страхи..., алмазы можно испытать на наковальне, и они столь неподатливы к удару, что железный молот может расколоться надвое и даже сама наковальня может сдвинуться с места...".

На Руси слово "алмаз" впервые упомянуто в книге Афанасия Никитина "Хождение за три моря" (1466—1472 гг.). В "Лапидариях" (XI—XIII вв.) алмазы разделены на мужские и женские. Считалось, что алмаз придает владельцу силу, твердость и мужество, предохраняет от врагов, усиливает остроту ума. М.И. Пыляев [26] приводит ряд примеров из средневековых представлений об алмазе. "Алмаз укрошает ярость и

сластолюбие, дает воздержание и целомудрие. Лошадь, не то, что человек, умрет от малейшей его частицы, истертой в порошок и данной в питье...". Он пишет о том, что турки и персы в XVI в. считали, что "пристальное созерцание прозрачного бриллианта разгоняет хандру, снимает с глаз мрачную завесу, делает человека пронизательнее и настраивает его на веселый лад...". "Алмаз, привязанный к руке женщины, помогает ей разрешиться от бремени, сгоняет с лица пестрый цвет, носящий алмаз угоден царям...". Считалось, что из двух воюющих сторон победит та, у которой алмаз больше.

В настоящее время этот замечательный минерал изучен довольно детально. Основные его свойства описаны в монографиях А.Е. Ферсмана, И.И. Шафрановского, М.А. Гневушева, Г.О. Гомона, Ю.Л. Орлова и др.

Алмаз кристаллизуется в кубической сингонии, гексооктаэдрическом виде симметрии. В его кристаллической решетке атомы углерода, составляющие структуру алмаза, прочно объединены силами ковалентных связей. Каждый атом соединен с четырьмя окружающими его атомами.

Кристаллы алмаза разнообразны: помимо плоскогранных распространены кривогранные формы, наряду с изометрическими часто встречаются деформированные, удлинённые или уплощенные, а также со ступенчатыми или полицентрическими гранями. Плоскогранные октаэдры с зеркально ровными гранями и острыми ребрами довольно редки, часто на гранях развиваются различные фигуры травления (треугольники и др.), ребра округляются. Благодаря ступенчатому или полицентрическому строению (рис. 22) граней кристаллы могут принимать вид псевдоромбододекаэдров или псевдокубов. Плоскогранные октаэдры с острыми ребрами кубического габитуса чрезвычайно редки, ребра таких кристаллов обычно сглажены, на гранях наблюдаются четырехугольные углубления.

Характерны для алмаза кривогранные формы (рис. 23): октаэдрониды, додекаэдрониды, гексаэдрониды, тетраэдрониды, на гранях которых наблюдаются микрослоистость, параллельная, вальцеобразная, сноповидная штриховки, пирамидальные и каплевидные холмики, ямки травления, дисковая и черепитчатая скульптуры.

Иногда алмазы имеют каналы травления, покрываются тончайшими приповерхностными трещинами, создающими матовость при коррозии, несут следы механического износа. Разнообразно и внутреннее строение монокристаллов алмаза. Часто строение монокристаллов зональное или волокнистое, устанавливается невооруженным глазом или специальными исследованиями. Распространены пластически деформированные кристаллы. Детально изучая морфологию и внутреннее строение кристаллов алмаза, можно восстановить историю образования этого замечательного минерала.

Кроме монокристаллов алмазы часто образуют закономерные и закономерные сростки. Первые разделяются на двойники и параллельные сростки. Двойникование у алмаза происходит по шпинелевому закону. Среди двойников срастания октаэдров особенно следует отметить уплощенные двойники треугольной формы. Двойники прорастания наблюдаются у октаэдров, но особенно они характерны для гексаэдров. Иногда встречаются двойники, образующие многолучевые звезды (рис. 24).

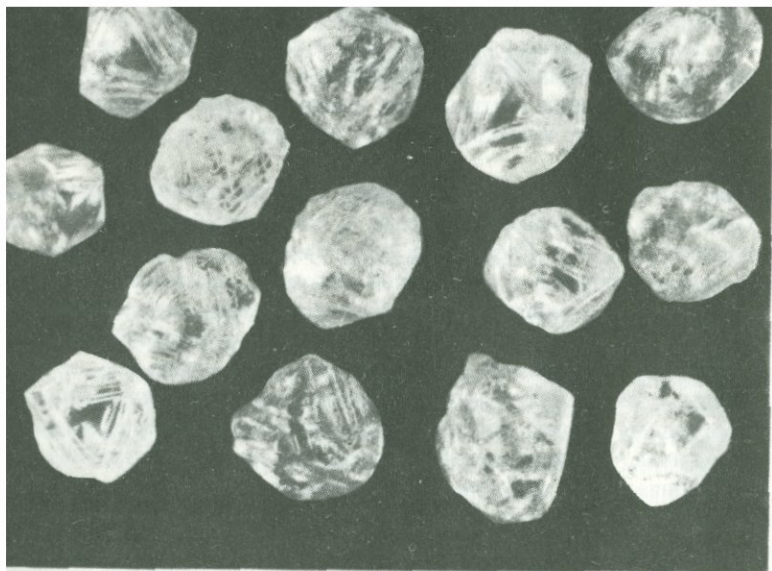


Рис. 22. Кристаллы алмазов с пластинчато-ступенчатым строением граней

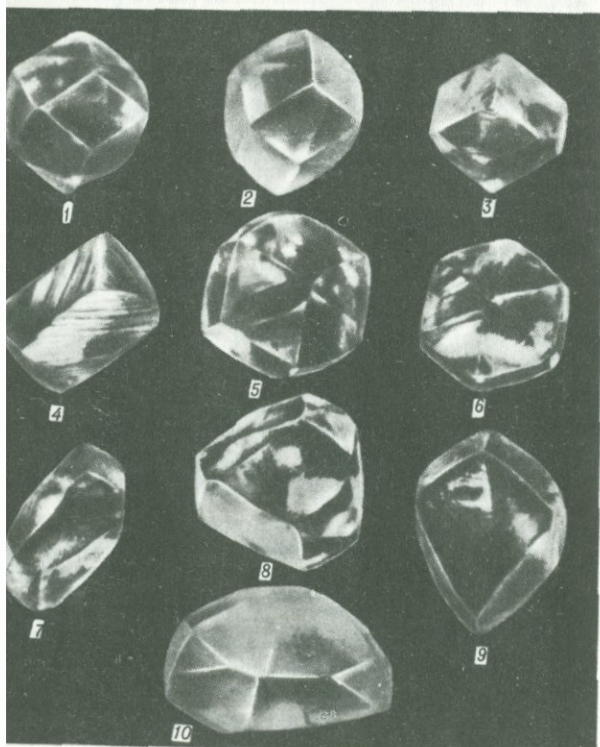


Рис. 23. Алмазы додекаэдрической и кривогранной форм

Незакономерные сростки весьма типичны для алмаза. Срастаться могут два-три индивида различной или одинаковой величины или множество индивидов, образующих разнообразные агрегаты. Выделяют несколько разновидностей поликристаллических образований алмаза: борт, баллас и карбонадо.

Борт представляет собой мелкозернистые неправильной формы агрегаты беспорядочно ориентированных кристаллов, хорошо различимые невооруженным глазом или под микроскопом (рис. 25). Темная окраска объясняется присутствием большого количества графита. Выделения борта могут достигать нескольких сот граммов. Борт встречается практически во всех месторождениях алмазов. В технике бортом часто называют низкокачественные алмазы с большим числом трещин и включений, алмазы монокристаллические (рис. 26) и агрегаты.

Разновидность алмазов карбонадо была обнаружена в 1813 г. Название получила от португ. "carbonados" — карбонатизированный. Карбонадо представляет собой скрытокристаллические образования разупорядоченных индивидуумов размером 5—10 мкм, иногда в них присутствуют аморфный углерод и графит. Форма образований неправильная угловатая или округлая; непрозрачны; цвет темно-серый, черный, зеленоватый, серый, коричневый; поверхность блестящая, эмалевидная, антрацитоподобная или матовая, шлаковидная (рис. 27). Размер различный: обычно их масса 0,1—1 кар, но встречаются и более крупные. Так, в 1825 г. в Бразилии найден камень массой 3167 кар. Карбонадо обнаружены также в Венесуэле, в Южной и Центральной Африке. В СССР карбонадо не установлено.

Карбонадо обладают очень большой прочностью, поэтому они используются для буровых коронок, предназначенных для бурения особо твердых горных пород. Применяется карбонадо и для правящего инструмента.

В Африке встречена разновидность карбонадо с магнитными свойствами, названная стюартитом или стевартитом. В стюартите много включений магнетита, чем и обусловлены его магнитные свойства.

Балласы, дробеобразный борт, алмазы Кунца — под такими названиями известны поликристаллические образования округлой, овальной или грушеобразной формы с радиальнолучистым строением кристаллитов размером до 10—200 мкм. Диаметр агрегатов колеблется от нескольких до 20 мм и более. Известны находки балласов массой до 70—75 кар. Балласы непрозрачны, полупрозрачны или просвечивают, с сильным блеском или матовые, бесцветные, серые, черные или зеленоватые (рис. 28). Балласы встречаются в Бразилии, Южной Африке, на Урале, в Якутии. Применяются в буровых коронках.

В последние годы обнаружена новая разновидность поликристаллических образований алмаза ударно-взрывного происхождения. Такие алмазы приурочены к своеобразным кольцевым воронкообразным структурам — астроблемам, которые получаются при ударе космического тела о земную кору. Возникшие при этом высокие температура и давление способствовали образованию алмазов. Размеры угловатых, неправильной формы агрегатов не превышают, как правило, 1—2 мм, размер кристаллитов — 20—40 мкм. Алмазы непрозрачные, черные, желтоватые или зеленоватые. Часто строение агрегатов слоистое или волокнистое. При рентге-

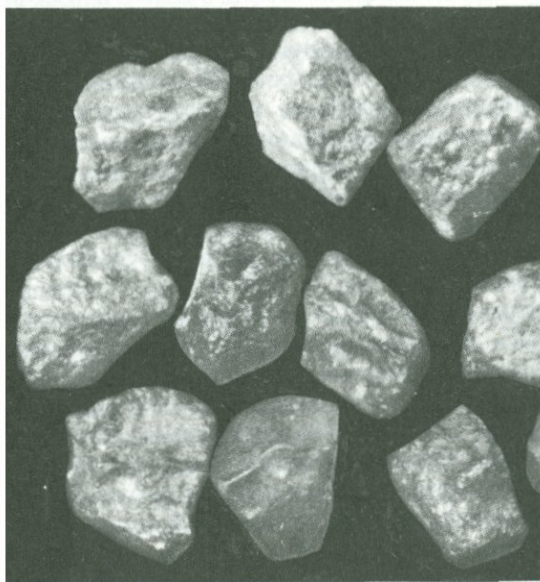
Рис. 24. Двойники срастания кристаллов алмаза [23].



Рис. 25. Борт



с. 26. Алмазы пониженного качества



с. 27. Карбонадо



Рис. 28. Балласы

ловских исследованиях агрегатов помимо алмаза часто обнаруживают другие модификации углерода: графит, лонсдэлит и карбин.

Алмазы применяют в технике, что объясняется их высокой твердостью и износостойкостью. Твердость алмаза — 10 по шкале Мооса, самая высокая среди всех минералов. Микротвердость (в МПа) алмаза 93 157 — 98 648, в то время как корунда 20 200, топаза 1399, кварца 981. Однако у алмаза наблюдается анизотропия твердости, выражающаяся в том, что на разных гранях и в различных направлениях твердость несколько отличается. Это связано с особенностями структуры. Наименее изнosoустойчивыми направлениями, по которым и обрабатывают алмаз, являются следующие: в плоской сетке куба — направления, параллельные сторонам кубических граней, в плоской сетке октаэдра — направления, соответствующие высотам треугольных граней.

В свою очередь, твердость октаэдрических граней больше твердости ромбододекаэдрических и еще выше — твердость кубических граней. Износостойкость алмазов колеблется в широких пределах, средняя износостойкость алмаза в несколько раз выше износостойкости широко известных абразивных материалов — карбидов бора и кремния. Абразивная способность материала определяется отношением массы сошлифованного материала к массе израсходованного абразива. Если принять абразивную способность алмаза за единицу, то абразивная способность карбида бора составит 0,5—0,6, а карбида кремния 0,2—0,3.

Теоретически плотность алмаза составляет $3,515 \text{ г/см}^3$. Однако встречаются алмазы, у которых наблюдаются значительные отклонения от средней величины плотности. Это связано с наличием различных включений,

трещин, пор, а также агрегативным строением. Наименьшую плотность имеют карбонадо (до $3,4 \text{ г/см}^3$). Плотность балласов уменьшается от светлых разностей к темным. У монокристаллов с различным невооруженным глазом зональным строением — "алмазов в оболочке" и у графитизированных кристаллов плотность ниже среднего значения. Плотность прозрачных с зелеными пятнами пигментации или дымчато-коричневых алмазов несколько ниже, чем у бесцветных или желтых, но эти колебания выражаются в тысячных, реже в сотых долях мегапаскаля.

Алмаз имеет совершенную спайность по $\{111\}$, излом ровный, ступенчатый, раковистый. Модуль упругости (в МПа) алмаза равен 88254 (у карбида бора около 294180, карбида кремния 357919, твердого сплава до 588360). Этим объясняется способность алмаза деформироваться при воздействии на обрабатываемый материал. В связи с этим при алмазной обработке материалов удельное давление и температура в несколько раз ниже, чем при использовании других абразивов.

Предел прочности на изгиб у алмаза невысок — 206—490 МПа, что в три — четыре раза меньше, чем у твердого сплава (1079—1471 МПа), Предел прочности алмазов при сжатии зависит от его формы и дефектности, он составляет в среднем 1961 МПа, что в два раза меньше среднего предела прочности на сжатие у твердых сплавов (3922—4903 МПа). Прочность на разрыв 7746740 МПа (теоретическая). Коэффициент сжатия алмаза и модуль сжимаемости в четыре раза меньше, чем железа.

Алмаз характеризуется высокой теплопроводностью: она в два—пять раз выше, чем у металлов. Удельная теплоемкость алмаза в три раза выше, чем твердых сплавов. Высокая теплопроводность позволяет быстрее отводить тепло с поверхности обрабатываемых изделий.

При трении алмаза о шерсть он заряжается электричеством.

Алмаз является диэлектриком, вместе с тем отдельные разновидности алмазов (например, голубой или синий) могут обладать полупроводниковыми свойствами.

Коэффициент линейного расширения алмаза в несколько раз меньше коэффициента линейного расширения твердого сплава.

Температура плавления алмаза около 4000°C . При нагревании алмаз сгорает, образуя углекислый газ. В струе кислорода он горит голубым пламенем при температуре около 720°C , в атмосфере воздуха температура горения 850°C . При нагревании без доступа воздуха поверхность алмаза графитизируется при 1000°C , при более высокой температуре он полностью переходит в графит. В условиях защитной среды (в атмосфере азота или инертных газов, в вакууме, а также в восстановительной среде — водорода, ацетилена или окиси углерода) алмаз не графитизируется даже при нагревании до $1150\text{--}1200^\circ\text{C}$.

Алмаз состоит из углерода (96—99,8 %). Кроме того, в количестве от тысячных до 0,2—0,3 % в нем содержатся примеси химических элементов — азота, кислорода, алюминия, бора, кремния, марганца, меди, а также примеси железа, никеля, титана, цинка и др. Встречаются включения графита, оливина, пиропы, хромита, хромдиоксида, энстатита и др.

Совершенно бесцветные алмазы довольно редки. Обычно у них наблюдается какой-либо оттенок (нацвет). Встречаются интенсивно окрашенные

желтые, оранжевые, зеленые, синие, голубые, розовые, коричневые, серые и черные кристаллы (рис. 29). Среди окрашенных алмазов большой известностью пользуются сапфирово-синий алмаз "Хоуп", бывший "Голубой Тавернье" (масса 44,5 кар), яблочно-зеленый "Зеленый дрезденский" (масса 41 кар), янтарного цвета "Алмаз Альберта" (масса 102 кар). Всемирно известны черные алмазы из Баии (350 кар) и графини Орловой (67,5 кар). Окраска алмаза зависит от различных дефектно-примесных центров и включений. Наиболее распространенная желтая окраска может иметь различное происхождение. Лимонно- или соломенно-желтая окраска прозрачных кристаллов октаэдрической или додекаэдрической формы, равномерно распределенная по всему камню, связана с дефектно-примесным центром N3 (интерпретируемым как комплекс AlN или три атома азота и вакансия), вызывающим поглощение с максимумом на 415 нм. Янтарно-желтая окраска прозрачных кристаллов кубического габитуса и неравномерная желтая — у "алмазов в оболочке" связана с одиночными атомами азота, изоморфно замещающими в структуре алмаза атомы углерода. Зеленые пятна пигментации, окрашивающие поверхность кристаллов в зеленоватый или голубоватый цвет, появляются в результате природного радиоактивного облучения. При нагревании в процессе метаморфизма они переходят в желтый цвет. Желтые пятна пигментации наблюдаются на алмазах из древних россыпей. Однако встречаются алмазы с синей и голубой окраской, равномерно распределенной по всему кристаллу. Предполагают, что этот тип окраски обусловлен вхождением в структуру алмаза бора. Очень распространены дымчато-коричневые и реже розовато-сиреневые алмазы, окраска которых связана с образованием дефектов на плоскостях скольжения. Молочно-белая окраска объясняется наличием мелкодисперсных включений граната во внешней части кристалла, а серая и черная — включениями графита.

Алмаз при обычных температурах химически инертен. Кислоты, даже самые сильные, на него не действуют. При высоких температурах алмаз приобретает химическую активность. Смесь серной кислоты с двуххромовокислым калием при нагревании окисляет алмазные порошки в углекислоту. Алмаз растворяется в расплавленной натриевой и калиевой селитрах и соде при нагревании. В расплавленных карбонатах щелочей при 1000—1200 °C алмаз превращается в окись углерода. Отдельные металлы (железо, сплавы железа, никель и др.) при более 800 °C частично растворяют алмаз.

Алмаз не смачивается водой, но прилипает к жировым смесям.

Показатель преломления алмаза высокий (2,417), этим объясняется его яркий, алмазный блеск. Для лучей разного цвета показатель преломления различный: для красного 2,402, желтого 2,417, зеленого 2,427, фиолетового 2,465.

Таким образом, дисперсия алмаза 0,063, что намного выше, чем у других минералов. Высокой дисперсией объясняется "игра" бриллиантов всеми цветами радуги. "Это свет солнца, сгустившийся в земле и охлажденный временем, он играет всеми цветами радуги, но сам остается прозрачным, словно капля" (А.И. Куприн). Угол внутреннего отражения для алмаза при показателе преломления 2,42 составляет 24° 51'.



с. 29. Ограненные алмазы синего и розового цвета

Кристаллы алмаза оптически изотропны, однако из-за присутствия различных дефектов под микроскопом практически всегда обнаруживается двупреломление. Узоры двупреломления различны. По Ю.Л. Орлову [23], наблюдаются следующие виды узоров: полосчатый, соответствующий зональному строению кристаллов или связанный с плоскостями скольжения; радиальнолучистый, вызванный дислокациями роста кристаллов; звездо- и крестообразные, обусловленные неравномерным распределением примесей; в виде изоклин, вызванные объемными напряжениями в алмазе; в виде фантомов, обусловленные напряжениями, направленными в разные стороны; вызванные включениями посторонних минералов; напоминающие рисунок соломенных ковриков (в алмазах II типа).

Под воздействием катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучей алмазы люминесцируют, что вызвано дефектами структуры. Цвет люминесценции различен — от зеленого и желтого до голубого или синего. Некоторые алмазы не обладают этим свойством. Установлено, что алмазы с различным свечением имеют разные физико-механические свойства. Так, при статическом одноосном сжатии наибольшей прочностью отличаются несветящиеся алмазы, затем голубые, зеленые, желтые и розовые. Наибольшей динамической прочностью характеризуются кристаллы с розовым, затем с зеленым, желтым и голубым свечением. Наименьшая прочность на удар у несветящихся алмазов.

При испытании алмазов с различным свечением на истирание наибольшая износостойкость установлена у алмазов, светящихся зеленым цветом, затем голубым, желтым цветом, несветящихся и розового свечения.

По степени прозрачности в инфракрасном и ультрафиолетовом свете алмазы можно разделить на I и II типы. Наиболее часто встречаются алмазы I типа, для которых характерно поглощение в инфракрасном свете в области с длиной волны от 3 до 13 мк, и в ультрафиолетовом свете с длиной волны до 300 нм. В алмазах II типа поглощение в инфракрасном свете наблюдается в области с длиной волны 3—6 мк и в ультрафиолетовом свете — до 225 нм. Предполагается, что эти различия вызваны примесями азота, которого в алмазах I типа содержится 0,2 %, а в алмазах II типа гораздо меньше. Отдельные кристаллы II типа относятся к полупроводникам, встречаются редко и ценятся высоко.

При облучении физико-химические свойства алмаза — цвет, твердость, электрическое сопротивление и др. изменяются. Так, при облучении электронами бесцветные алмазы становятся синеватыми, а при облучении до 1,5 МэВ сине-зелеными. При нагревании алмаза до 300 °С синева уменьшается, при 600 °С переходит в зеленый, а затем в постоянный желтый цвет, т.е. бомбардировка электронами смещает цветовые центры и цвет алмаза изменяется.

При кратковременном облучении нейтронами алмаз становится светло-зеленым, при увеличении времени облучения — темно-зеленым, а затем и черным. Гамма-лучами можно окрасить алмаз в нежно-голубой цвет, а термической обработкой — в янтарно-красный.

Облучение алмазов электронами и нейтронами приводит к смещению атомов и вакансий в кристаллической решетке алмаза. Эти преобразования решетки вызывают также изменение механических свойств алмазов.

Опытами доказано, что статическая прочность в зависимости от дозы облучения может увеличиваться на 20—40 %. Вместе с тем при облучении повышается хрупкость кристаллов, т.е. уменьшается динамическая прочность на удар.

В природе алмазы встречаются в виде отдельных кристаллов, их обломков или поликристаллических агрегатов. Алмазы разделяют на ювелирные и технические. К ювелирным относят алмазы кристаллической формы, прозрачные, без трещин и включений, пятен и изъянов. Наиболее ценятся совершенно прозрачные кристаллы, без цветных оттенков и мутных участков. Все остальные кристаллы, а также поликристаллические разновидности относят к техническим алмазам.

Технические алмазы низкого сорта и поликристаллические разновидности обязательно проходят предварительную обработку с целью разделения их по форме и размерам, а также для выделения алмазов с более высокими свойствами прочности. При этом алмазы дробят, овализируют, полируют, а также подвергают термической обработке и металлизации.

Добыча алмазов

До XVIII в. алмазы добывали в Индии в районе Голконды, которая тогда была главным поставщиком этих драгоценных камней. Алмазоносный район расположен между реками Пеннару, Сон и Кен — притоками Ганга. Алмазы приурочены к песчаникам, конгломератам, пескам и галечникам. Начало добычи алмазов точно не установлено, однако известно, что уже более 2 тыс. лет до н.э. в Индии уже добывали этот замечательный камень. Из Индии они попадали в Грецию и другие европейские страны. Из индийских россыпей извлечены наиболее крупные и известные всему миру камни: "Кох-и-Нор", "Регент", "Орлов", "Дерианур", "Санси", "Шах", "Хоуп", "Флорентиец", "Зеленый дрезденский" и многие другие.

После открытия богатых россыпей алмазов в Бразилии Индия утратила главенствующую роль в поставке алмазов. В настоящее время ежегодный объем добычи алмазов Индии не превышает 20 тыс. кар, причем их добывают не только из россыпей, но и из коренных месторождений — алмазоносных кимберлитовых трубок.

Алмазы в Бразилии открыты якобы крестьянином Ф. Машадо да Силва в 1714 г., который в каменоломне Сан-Педро недалеко от горы Лапа в шт. Гояс нашел светлый красивый твердый камешек. В 1730 г. камень был продан ювелиру и в Бразилии началась настоящая алмазная лихорадка. По другой версии, алмазы были открыты Антонио Арцао, обнаружившим прозрачные камни в песке, примешиваемом к глине. Вначале камешками играли дети, затем из них сделали игральные фишки, которые в 1725 г. увидели специалисты-ювелиры, и в поселок, названный Дамантино, хлынули толпы алмазоискателей. Вскоре Бразилия вышла на первое место в мире по добыче алмазов. С увеличением добычи алмазов в Бразилии цены на них упали. Для стабилизации цен правительство Португалии ввело высокие пошлины на экспорт алмазов из своей колонии Бразилии и установило высокую арендную плату на алмазоносные участки. Добыча

алмазов была объявлена собственностью короля. В результате добыча алмазов была снижена, а цены стабилизированы. В 1822 г. Бразилия стала независимым государством и частным лицам было разрешено разрабатывать месторождения. Это позволило расширить добычу и открыть новые алмазоносные площади в шт. Баия. До 1850 г. в Бразилии было добыто более 10 млн. кар драгоценных алмазов. Основная часть алмазов добывалась из отложений речных долин, где алмазы встречаются в кварцевом песке с небольшим содержанием золота. Добыча ведется ручным способом местными жителями гаримпейрос. По данным газеты "Жорнал до Бразил", в 1965 г. в Бразилии добычей алмазов занимались около 500 тыс. гаримпейрос. В настоящее время добыча алмазов в этой стране составляет около 350—400 тыс. кар в год. Качество бразильских алмазов высокое. Размер мелких камней ("рисовых семечек", или "шаблиоз") — до 1 кар, покрупнее ("бала", или пуля) 1—3 кар, более крупных ("шапеу до падре") — свыше 3 кар. В Бразилии добыто несколько очень крупных камней, среди них "Президент Варгас", "Звезда юга", "Звезда Минаса", "Южный Крест" и др.

В России первый алмаз найден в 1829 г. на Урале на Крестовоздвиженском золотом прииске. Четырнадцатилетний Павел Попов, промывая золото, нашел крупный кристалл алмаза. Вскоре были выявлены россыпи у д. Северной и у с. Промысел, в Гороблагодатском округе была открыта Кушайская россыпь и россыпь на Ключевском прииске. Планомерные поиски алмазов на Урале начались только при Советской власти. Коренных месторождений алмаза здесь не выявлено.

Алмазы из россыпей обнаружены в ряде районов Индонезии на о. Калимантан. Масса большей части камней 0,25 кар, но иногда находили довольно крупные алмазы — до 10—20 кар.

В 1851 г. были открыты россыпи алмазов в Австралии, вначале в шт. Новый Южный Уэльс, а затем в штатах Квинсленд и Виктория. В 1975—1978 гг. здесь установлены богатые коренные месторождения — кимберлитовые трубки, которые будут осваиваться предположительно с 1986 г.

В Южной Африке алмазы обнаружены в 1867 г. Существует легенда об их открытии. На берегу р. Оранжевой дети нашли несколько красивых, ярко блестящих на солнце камешков. Камни попали к фермеру Ван-Никерку, который и начал первый вести поиски алмазов. Вскоре он приобрел у негра-пастуха камень массой 83,5 кар, оцененный более чем в 11 тыс. фунтов стерлингов. Впоследствии этот камень получил собственное название — "Звезда Южной Африки". На берегах рек Оранжевой и Вааль было добыто значительное число алмазов. В июле 1879 г. группа искателей обнаружила алмазы не на берегу реки, а в голубоватой породе, получившей название "кимберлит" от расположенного вблизи пос. Кимберлей. Это было первое в мире коренное месторождение алмазов, представляющее собой вертикальную воронкообразную трубу, заполненную кимберлитовой изверженной породой зеленого цвета, бедной кремнеземом и богатой соединениями железа и магния. Основные породообразующие минералы кимберлита — оливин, пироп, диопсид, кальцит и др.

Вслед за первой трубкой были открыты другие. В 1897 г. коренные

Знаменитые алмазы мира

Название	Масса, кар	Место добычи	Год добычи
"Куллинан"	3025,75	ЮАР, "Премьер"	1905
"Эксельсиор"	971,5	ЮАР, "Ягерсфонтейн"	1893
"Звезда Сьерра-Леоне"	969,9	Сьерра-Леоне	1971
"Великий Могол"	793,0	Индия, Голконда	1951
"Воя"	770,0	Сьерра-Леоне	1945
"Президент Варгас"	726,6	Бразилия	1938
"Юбилейный"	650,8	ЮАР, "Ягерсфонтейн"	1895
"Дютюйтспен"	616	Южная Африка	1895
"Баумгольд"	609,25	"	1923
"Лесото"	601,25	Лесото	1967
"Гояс"	600,0	Бразилия	1906

месторождения алмазов обнаружили в Трансваале, в 1903 г. в Зимбабве, в 1907 г. в Анголе и Заире, а затем в Танзании, Лесото, Сьерра-Леоне, Ботсване, Гане. Добыча алмазов в Африке в течение короткого времени стала ведущей отраслью горной промышленности.

Первый алмаз на Сибирской платформе найден в 1948 г. С.Н. Соколовым. В 1949 г. разведочная партия Г.Х. Файнштейна выявила первые в Якутии россыпи промышленного значения. Коренные месторождения в Якутии открыты в 1954 г. геологом Л.А. Попугаевой и рабочим Ф.А. Белкиным, которые 21 августа 1954 г. обнаружили трубку, названную "Зарницей". В 1955 г. Е.Н. Елагина и Ю. Хабардин открыли трубку "Мир". В дальнейшем были открыты и другие алмазные трубки.

За последние 60 лет за рубежом добыто (в млн. кар) следующее количество алмазов: 1920 г. — 3,4, 1924 г. — 3,85, 1928 г. — 8,01, 1932 г. — 6,06, 1936 г. — 8,34, 1940 г. — 13,04, 1944 г. — 11,76, 1948 г. — 10,34, 1952 г. — 18,69, 1956 г. — 23,72, 1960 г. — 27,7, 1964 г. — 33,81, 1968 г. — 36, 1972 г. — 37,7, 1976 г. — 36, 1980 г. — 36,5.

Таким образом, из приведенных данных следует, что добыча алмазов за рубежом постоянно росла и рост ее стабилизировался только в последние 15 лет. Извлечено более 1300 млн. кар (более 260 т) алмазов, в том числе 365 млн. кар ювелирных. За последние 20 лет (с 1960 по 1980 г.) добыто алмазов столько же, сколько за все предыдущие годы.

В настоящее время более 90 % добычи алмазов за рубежом находится под контролем компании "Де Бирс" (ЮАР), которая является владельцем ряда алмазодобывающих предприятий. На рудниках компании добывают более 12 млн. кар алмазов, в том числе 6 млн. кар ювелирных. "Де Бирс" постоянно расширяет объемы добычи и предполагается, что к 1985 г. она достигнет 22 млн. кар, в том числе больше 8,5 млн. кар ювелирных алмазов.

Наиболее крупные алмазодобывающие страны — Заир (ежегодная добыча 11–13 млн. кар), ЮАР (7–8 млн. кар), Ботсвана (2,5–3 млн. кар), Ангола, Намибия и Гана (около 2 млн. кар), Сьерра-Леоне (1,5 млн. кар).

По оценке английского "Горного журнала", запасы алмазов за рубежом составляют 1334 млн. кар, в том числе 85 % в странах Африки (в млн. кар): в Заире 550, ЮАР 150, Ботсване 110, Центральноафриканской Империи 52, Гвинее 51, Анголе 45, Намибии 35, Сьерра-Леоне 31, Лесото 30, Гане 30, Индии 25, Бразилии 56, Венесуэле, Гайане и Колумбии 102, в Северной Америке 50.

Мировые запасы алмазов при сохранении современного уровня обеспечат добычу на 30 лет.

В табл. 7 приведены сведения о наиболее крупных алмазах мира [45].

Среди якутских алмазов наиболее крупными (в кар) являются: "XXVI съезд" (332), "Звезда Якутии" (232), "Революционер Иван Бабушкин" (171), "Великий почин" (135), "Большая Медведица" (114,5), "Мария" (106), "Балтиец", "50 лет Октября", "Чекист", "Прогресс" и др.

Применение алмазов

Алмаз — драгоценный камень первого класса. Следует сказать, что до XV в. алмаз ценился гораздо меньше других драгоценных камней. Это объяснялось тем, что необработанный алмаз выглядит не очень привлекательно, блеск и дисперсия проявляются только у идеально гладких кристаллов правильной формы. После изобретения способа огранки алмаз сразу занял главенствующее положение среди всех драгоценных камней. Еще в Древней Индии было известно, что шлифование граней усиливает блеск и улучшает внешний вид алмаза. Индийская огранка заключалась в том, что у алмаза октаэдрической формы стачивали одну вершину и шлифовали все грани кристалла.

Впервые в Европе алмаз был отшлифован Людвигом де Беркгом в 1456 г. Однако некоторые считают, что это произошло гораздо раньше. Так, Е. Брутон [46] пишет, что уже в 1330 г. в Венеции полировали грани алмазов, позже технологией этого процесса пользовались в г. Брюгге (Фландрия) и в Париже. Вначале алмаз гранили в форме "поинт кат", при этом грани октаэдра только притупляли, а площадка отсутствовала. Затем появилась огранка "тейбл кат" — таблитчатая (похожая на индийскую). В 1530 г. была разработана огранка "роза", потом "старая простая огранка" с 18 гранями, а в 1620 г. "Мазарини" — с 34 гранями и "Перуцци". Постепенно форма огранки усложнялась. Современная форма огранки появилась в 1910 г., когда была разработана "полная бриллиантовая огранка".

Ограненные алмазы-бриллианты использовались в различных украшениях — перстнях, подвесках, колье, диадемах, браслетах, государственных регалиях. М.И. Пыляев в книге "Драгоценные камни и их свойства" приводит ряд примеров. На одежде английской королевы было так много драгоценностей, что она с трудом выходила на аудиенцию, король Англии Генрих III носил до сотни колец с драгоценными камнями, а король Франции Людовик XII на торжественные выходы надевал одежду, усыпанную бриллиантами на сумму до 12 млн. франков по курсу того времени.

В России бриллианты стали особенно модными при Екатерине II. Их

Производство бриллиантов (% от общего объема)

Страны	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.
Израиль	22	28	27	37
Бельгия	59	47	35	32
Индия	0,5	4	17	15
США	5	6	10	8
ЮАР	4	4	5	4
Прочие страны	9,5	11	6	4
Производство бриллиантов, млн. кар	3,0	3,5	5,4	6,6

вставляли в брелоки, застёжки, табакерки, трости, украшали одежду, обувь и т.д.

Большая часть добываемых ювелирных алмазов идет на изготовление бриллиантов. До середины 50-х гг. XX в. ведущая роль в этой области принадлежала Бельгии. Однако с середины 50-х гг. производство бриллиантов стало развиваться в Израиле, а в конце 60-х гг. — в Индии (табл. 8).

В 1978 г. было изготовлено бриллиантов 10,3, а в 1979 г. 7,4 млн. кар. Компания "Де Бирс" определяет политику производства и продажи бриллиантов. До 1979 г. компания способствовала увеличению продажи алмазов Израйля и Индии, но в настоящее время объем продаваемых алмазов в этих странах уменьшен, что вызвало сокращение производства бриллиантов почти в два раза. Одновременно компания развивает гранильное производство в ЮАР. Конечная цель этих операций — дальнейшее повышение цен на бриллианты. В результате цены на алмазы с 1960 г. возросли в семь раз, а цены на бриллианты в среднем в 5,4 раза (в 1960 г. 1 кар стоил 109 долл., в 1978 г. до 572 долл.). Более 70 % добываемых алмазов — технические. С XIV в. алмазные порошки применялись для огранки алмазов в бриллианты. Издавна используются кристаллы алмазов для резки и обработки стекла. С 1863 г. алмазами армируют буровые коронки — это основная область использования технических алмазов. Кроме того, алмазы применяют в часовой и приборной технике как подшипники и подпятники, подвески, призмы, инденторы и пинетраторы, полупроводниковые приборы и теплоотводы и т.д. Используются алмазы и в качестве абразивных и режущих материалов при обработке цветных, черных металлов и твердых сплавов. Их вставляют в алмазные отрезные и шлифовальные круги, резцы, сверла, фрезы, притиры, бруски, пасты, шкурки, надфили и т.п. Особенно велика роль алмазов на финишных операциях при доводке деталей и инструментов. Используются алмазы и в различного рода инструментах для правки абразивных материалов. В последние годы алмазы стали применять в строительной технике для резки и обработки строительного камня, керамики и др.

В 1978 г. за рубежом на технические цели было израсходовано более

Диагностические свойства алмаза и его имитаций

Название	Химическая формула	Сингония	Показатели преломления	Двупреломление
Алмаз	C	Кубическая	2,417	Часто аномальное
Фианит	(Zr, Hf)O ₂	"	2,10–2,20	Нет
Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ)	Y ₃ Al ₅ O ₁₂	"	1,834	"
Рутил синтетический	TiO ₂	Тетрагональная	2,61–2,90	0,287
Титанат стронция	SrTiO ₃	Кубическая	2,41	Нет
Ниобат лития	LiNbO ₃		2,20–2,30	
Циркон	Zr [SiO ₄]	Тетрагональная	1,920–2,010	0,036–0,059
Шеелит природный	Ca(WO ₄)	"	1,918–1,934	0,016
" синтетический				
Сфалерит	ZnS	Кубическая	2,37	Нет
Корунд природный	Al ₂ O ₃	Тригональная	1,757–1,776	0,008–0,009
" синтетический				
Шпинель синтетическая	MgAl ₂ O ₄	Кубическая	1,728	Часто аномальное
Эвклаз	Al ₂ Be ₂ [SiO ₄] ₂ (OH) ₂	Моноклиная	1,652–1,672	0,019–0,020
Фенацит	Be ₂ [SiO ₄]	Тригональная	1,654–1,670	0,015–0,016
Турмалин-ахроит	Na(Mg, Fe) ₃ (Al, Fe) ₆ x x [BO ₃] ₃ [Si ₆ O ₁₈](OH) ₄		1,614–1,634	0,016–0,024
Топаз	Al ₂ [SiO ₄](F, OH) ₂	Ромбическая	1,607–1,637	0,010
Берилл бесцветный	Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈]	Гексагональная	1,566–1,600	0,004–0,010
Горный хрусталь	SiO ₂	Тригональная	1,544–1,553	0,009

110 млн. кар алмазов, в том числе 70 % синтетических. США из этого объема использовали около 35 млн. кар. Предполагается, что в 2000 г. потребление алмазов в технике за рубежом составит около 250 млн. кар.

В современной технике природные необработанные алмазы применяются в незначительных объемах. Большую часть природных алмазов предварительно обрабатывают: их дробят на куски без дефектов, округляют (овализируют), полируют, раскалывают и шлифуют для изготовления заготовок для резцов, сверл и т.п. В последние годы стали применять новые методы предварительной обработки алмазов (покрывать их тугоплавкими металлами) — металлизацию, термическую обработку для упрочнения алмазов и др.

Следует отметить, что в ювелирной практике издавна использовали всевозможные имитации бриллиантов: прозрачные, бесцветные минералы

Дисперсия	Блеск	Плотность, г/см ³	Спайность	Твер- дость	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
0,063 (0,044)	Алмазный	3,52	Совершенная	10	Голубой, желтый, зе- леный, розовый, оран- жевый, белый, фиоле- товый
0,060	"	6—10	"	7,5—8	Зеленый, голубой, желтый, фиолетовый
0,028—0,038	"	4,57—7,09	Несовершенная	6,5—8,5	Зеленый, голубой, фиолетовый, желтый
0,180—0,300	"	4,25—4,32	Совершенная	6—6,5	
0,10—0,20	"	5,13—5,15	"	5,5—6,5	
0,120	"	4,64		5,5	
0,039	"	3,95—4,80	Несовершенная	6,5—7,5	Желтый
0,026	"	6,1	Средняя	5	Голубой
0,156	"	4,09	Весьма со- вершенная	3,5	
0,018	Стекланный	3,99—4,05	Несовершенная	9	Иногда слабо розовый
0,020	"	3,63	Совершенная	8	Зеленый, голубой
0,016	"	3,02—3,10	"	7,5	
0,015	"	2,95—3,00	Ясная	7,5—8	
0,017	"	2,90—3,31	Весьма несо- вершенная	7—7,5	
0,014	"	3,50—3,57	Совершенная	8	
0,014	"	2,50—2,90	Несовершенная	7,5—8	
0,013	"	2,65	"	7	

лы — циркон, корунд, эвклаз, фенакит, турмалин-ахроит, топаз, берилл, горный хрусталь, реже шеелит, сфалерит и др., а также различные стекла с сильной дисперсией, полученной благодаря различным добавкам (главным образом свинца). В настоящее время лучшими имитациями бриллиантов стали новые синтетические материалы, такие, как иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ), титанат стронция (фабулит), фианит, рутил, шпинель, корунд, ниобат лития и др. Некоторые имитации характеризуются сильной дисперсией, превышающей дисперсию алмаза (синтетический рутил, ниобат лития, сфалерит) или приближающуюся к ней (фианит, ИАГ, циркон, шеелит, некоторые стекла). Эти имитации отличаются от бриллиантов рядом свойств. Основное отличие — непревзойденная твердость алмаза. До сих пор нет ни одного минерала или синтетического материала, имеющего столь высокую твердость (10 по шкале Мооса).

Большую роль при идентификации бриллиантов играют оптические свойства. Алмаз характеризуется высоким показателем преломления — 2,417, который определить на обычных рефрактометрах невозможно. Некоторые имитации с более низкими показателями преломления (природный и синтетический корунд, синтетическая шпинель, эвклаз, фенакит, турмалин, топаз, берилл, горный хрусталь и стекла) легко отличаются от алмаза на обычных рефрактометрах. Минералы с высокими показателями преломления имеют сильный алмазный блеск, аналогичный алмазу; блеск минералов с низким показателем преломления — стеклянный. Особенно отчетливо это проявляется в ограненных камнях. Для определения блеска камней применяют рефлектометр, или "магический глаз", с помощью которого бриллианты отличают от драгоценных камней с меньшим блеском.

Часто при диагностике используется свойство двупреломления. Наличие четкого двупреломления позволяет точно отличать от алмаза циркон, рутил, ниобат лития, корунд, эвклаз, фенакит, турмалин, берилл, топаз, горный хрусталь. Однако надо помнить, что у алмаза иногда наблюдается аномальное двупреломление.

При идентификации не закрепленных в изделиях камней рекомендуется использовать определение плотности. При помощи жидкости, плотность которой $3,5 \text{ г/см}^3$ (например, разбавленная жидкость Клеричи), можно довольно просто выделить алмазы. Все имитации могут иметь более высокую плотность (фианит, ИАГ, циркон, синтетический рутил, титанат стронция, ниобат лития, шеелит, сфалерит, корунд природный и синтетический, синтетическая шпинель) или более низкую (эвклаз, турмалин, фенакит, берилл, горный хрусталь), чем алмаз. (Только плотность топаза близка к плотности алмаза.) Плотность стекол колеблется в зависимости от содержания в них свинца, но твердость стекла 5 и поэтому их отличить несложно. Дополнительными диагностическими свойствами могут служить спайность, люминесценция, определение включений. Надежный метод идентификации алмаза — пропускание рентгеновских лучей: алмаз в рентгеновских лучах прозрачный, а большинство минералов и стекол — непрозрачные. В последние годы появились "пробники", основанные на использовании теплопроводности алмаза или на смачивании поверхности. Это прибор, на котором определяют контактный угол, или рапидографы со специальными чернилами, оставляющими на бриллианте сплошную линию, а на других камнях с высокими (выше 1,80) показателями преломления — пунктирную.

В табл. 9 приведены основные свойства алмазов и их имитаций.

Корунды (рубины и сапфиры)

Сапфиры и рубины — разновидности благородного корунда (от санскр. *kuruwinda* — рубин) занимают наряду с алмазом и изумрудом ведущее место во всех классификациях ювелирных камней. По блеску, светопреломлению и дисперсии они значительно уступают алмазу, но ни один драгоценный камень не может по цвету сравниться с синим сапфиром или с огненно-красным рубином. Имеются почти бесцветные, желтые, лиловые,



Рис. 30. Корунды ограненные

зеленые, голубые, оранжевые корунды. В коллекции Минералогического музея Ленинградского Горного института хранятся корунды с о. Шри-Ланка более 40 различных расцветок. Кроме того, встречаются кристаллы с астеризмом (эффектом "звезды"), особенно ярко проявляющимся при обработке кабошоном.

Красные разновидности корунда называют рубинами, синие, голубые, а в последние годы и зеленые, фиолетовые, желтые, оранжевые — сапфирами (оранжевые корунды называются также падпараджа), бесцветные — лейкосапфирами, мелкокристаллический непрозрачный корунд серовато-черного цвета — наждаком (рис. 30).

В литературе впервые описал корунды (карбункулы) Плиний Старший в "Естественной истории". Он привел ряд свойств корундов — неравномерность окраски, блеск, изменение цвета при вращении камня (плеохроизм), а также описал места добычи. Однако наряду с научными данными в книге приведены такие наивные сведения, как, например, о существовании якобы мужских и женских корундов, которые отличаются блеском; или о том, что в Эфиопии якобы карбункулы выдерживали в уксусе 14 дней, после чего "блеск их продолжается столько же месяцев".

По химическому составу корунд представляет собой окись алюминия — Al_2O_3 . Цвет его зависит от примесей. Корунд кристаллизуется в тригональной сингонии, дитригонально-скаленоэдрическом виде симметрии. Кристаллы столбчатые или бочонкообразные, представлены комбинацией дитригональных призм, дипирамид, ромбоэдра и пинакоида.

Корунд занимает второе место по твердости (9 по шкале Мооса) и абразивной способности после алмаза. Плотность корунда $3,99-4,05 \text{ г/см}^3$. Спайность не наблюдается, но для него характерна прекрасно выраженная отдельность по пинакоиду или ромбоэдру. Показатели преломления: $n_e = 1,765-1,776$, $n_o = 1,757-1,768$, $n_e - n_o = 0,008-0,009$, дисперсия $0,018$, оптически одноосный, отрицательный, Плеохроизм сильный: у рубина — желто-красный, темный рубиново-красный, у сапфира — синий, зелено-синий; у желтого сапфира — желтый, светло-желтый; у зеленого сапфира — зеленый, желтовато-зеленый. Рубин люминесцирует в ультрафиолетовых лучах ярким рубиново-красным (обусловленным наличием примесных центров Cr^{3+} , сапфир — синим, оранжевым или пурпурным. Цвет люминесценции изменяется в зависимости от месторождения.

Крупные рубины встречаются реже алмазов. Так, за 1870—1970 гг. при добыче алмазов было найдено более 300 кристаллов крупнее 200 кар, а таких же рубинов всего несколько штук. Крупные сапфиры встречаются нечасто, однако все же было обнаружено несколько крупных камней массой более 2 тыс. кар. Так, на о. Шри-Ланка найден огромный сапфир массой около 19 кг (95000 кар).

Крупные ограненные рубины и сапфиры хранятся в государственных и национальных коллекциях. Так, в Алмазном фонде СССР экспонируются царские регалии, например "Держава императорская", верхняя часть которой украшена великолепным сапфиром с о. Шри-Ланка массой 200 кар. Там же хранится брошь с васильковым сапфиром массой 258 кар. Большую известность приобрели камни британской короны "Сапфир Стюарта" (размер $3,8 \times 2,5 \text{ см}$) и "Сапфир святого Эдуарда". В корону персидского шаха вставлен рубин размером с куриное яйцо. "Рубин Эдуарда" массой 167 кар хранится в Британском музее. Один из крупнейших ограненных рубинов величиной с половину куриного яйца находится в частной коллекции в Индии; сапфир "Росполи" (135 кар) и второй размером $5 \times 3,8 \text{ см}$ — в Париже; рубин в 250 кар — в Пражском кафедральном соборе; желтый сапфир в 100 кар и звездчатый сапфир "Звезда Индии" (563 кар) — в музеях Нью-Йорка.

Рубин получил свое название по цвету (от лат. *rubeus* — красный). На Востоке рубин с глубокой древности считался наиболее ценным драгоценным камнем. Он служил талисманом, им украшали амулеты, вставляли в различные украшения. Санскритские названия рубина "ратнараджд" — царь самоцветов и "ратнааяяка" — вождь самоцветов свидетельствуют об отношении к этому камню в Древней Индии. В старинном индийском предании говорится: "Яркое солнце Юга несет живые соки великого Асура, из которых рождаются камни. Налетает на них ураганом вечный соперник богов, царь Ланки... Падают камни тяжелой крови на лоно реки, в глубокие воды, в отражение прекрасных пальм. И назвалась река с тех пор Раванагангой, и загорелись с тех пор эти капли крови, превращенные в камни рубина, и горели они с наступлением темноты сказочным огнем, горящим внутри, и пронизывали воды этими огненными лучами, как лучами золота".

Рубину в древности приписывали сверхъестественные свойства, и в том числе способность предохранять от тяжелых заболеваний. М.И. Пыля-

ев [26] приводит выписку из "Лапидарий": "Вот рубин, он врачует сердце, мозг, силу и память человека...". В "Лапидариях" приводятся рецепты по применению толченого рубина в качестве лекарства, исцеляющего от самых тяжелых недугов.

До 1800 г. рубинами назывались и некоторые другие камни [30]: капскими рубинами — гранаты из Южной Африки, рубином-балэ — бирманская шпинель, колорадскими и аризонскими рубинами — гранаты из Колорадо и Аризоны, бразильскими рубинами — розовые топазы Бразилии, сибирскими рубинами — рубеллиты (сибириты) Сибири.

По химическому составу рубины представляют собой окись алюминия — Al_2O_3 (96–98 %). Наиболее характерная примесь — окись хрома — Cr_2O_3 (4 %), которая обуславливает его красный цвет. Кроме того, в незначительных количествах могут присутствовать окислы кремния, железа, ванадия, магния и др. Примеси железа могут вызвать появление коричневых оттенков. Красный цвет рубина сильно варьирует от розового до огненно-красного с малиновым оттенком. Наиболее ценятся рубины чистого красного цвета ("голубиной крови") с легким фиолетовым оттенком. Такой появляется, если окиси хрома в них до 2 %. Окраска рубина часто распределяется неравномерно (пятнами и полосами).

Рубины встречаются в виде кристаллов, часто со ступенчатыми гранями призмы и гранями пинакоида.

Рубин характеризуется сильным плеохроизмом, в связи с чем при огранке он ориентируется перпендикулярно к оптической оси, совпадающей с вертикальной кристаллографической осью кристалла. При огранке или закреплении рубина в изделии необходимо соблюдать осторожность из-за наличия отдельности по пинакоиду или ромбоздру. В рубине присутствуют включения рутила, придающие иногда камню мягкий шелковистый блеск и переливчатость. Ориентированные включения или каналы рутила создают эффект "кошачьего глаза" или астеризма. Такие камни обрабатывают в форме кабошона, в то время как прозрачным рубинам без трещин и включений придают бриллиантовую форму.

Рубин в ультрафиолетовом свете люминесцирует сильным красным цветом. Поэтому при ярком солнечном свете он приобретает ярко-красное свечение, усиливающее его природный цвет. Если окраска камня бледная, то под него раньше подкладывали фольгу, усиливающую цвет рубина.

Сапфирами (от греч. *σαφειρος* — синий) до XIX в. называли все синие камни, в том числе лазурит. С 1800 г. сапфирами стали называть только синие разновидности корундов, зеленые корунды именовали драгоценным перидотом, а желтые — драгоценным топазом.

Синяя окраска сапфира обусловлена парами Ti^{3+} — Fe^{3+} , входящими в структуру корунда. Определенную роль играет также Fe^{2+} : при его превашировании кристалл окрашивается в зеленый цвет. Входящий в состав корунда ванадий может вызывать "александритовый" эффект и появление фиолетовых тонов. При нагревании сапфиры обычно осветляются, при облучении — окраска усиливается (окрашиваются даже бесцветные камни). Люминесценция у сапфиров изменяется в зависимости от его цвета и месторождения. Включения игл рутила вызывают шелковистость, астеризм или эффект "кошачьего глаза".

Сапфир гранят так, чтобы площадка в граненых камнях или основание у кабошона было параллельно базопинакоиду. В противном случае плеохроизм вызовет изменение окраски обработанного камня и снизит его ценность. Сапфирам в XVIII—XIX вв. чаще всего придавали форму ступенчатой огранки, в настоящее время — бриллиантовой и смешанной огранки (бриллиантовая сверху, ступенчатая внизу).

Кроме ювелирных изделий прозрачные разновидности корундов используются в высокоточных приборах и часах в качестве подшипников и подпятников для вращающихся частей. Непрозрачные разновидности (наждак) применяются как абразивные материалы в виде порошков, паст и кругов для обработки изделий из камня, а также сталей и других металлов.

Промышленные месторождения рубина очень редки и представлены чаще всего аллювиальными или делювиальными россыпями. Основные месторождения рубина находятся в Бирме, Шри-Ланке, Таиланде, Танзании, Австралии, Индии.

Могокский район в Бирме занимает площадь около 400 км²; он является наиболее древним источником добычи драгоценных камней, в основном рубинов. До 1931 г. ежегодная добыча рубинов в этом районе достигала 150 тыс. кар. Рубиноносные зоны расположены на контакте мраморов с дайками гранитов или гранит-пегматитов. Рубины встречаются в виде зернистых, гнездообразных скоплений или отдельных кристаллов, вкрапленных в основную породу — мрамор. Кристаллы рубина ярко-красного цвета, форма призматическая. Рубины образовались в результате воздействия на мраморы высокотемпературных пневматолито-гидротермальных растворов при внедрении магмы кислого состава. В зонах развития скарнов, около даек гранитов и по трещинам возникли скопления драгоценного корунда. Промышленная добыча рубинов ведется из россыпей, образовавшихся при разрушении рубиноносных скарнированных мраморов. Аналогичное месторождение рубинов находится в Таиланде (Пайтнован) у г. Чантхабури.

Источник россыпей рубинов Танзании — месторождение в бассейне р. Умба, где рубинсодержащие породы встречаются в вермикулитовых жилах среди серпентинизированных ультраосновных горных пород. Камни крупные (до 2—4 см), таблитчатого и бочонкообразного облика, окраска красная, иногда зональная.

В СССР также имеется месторождение рубинов, где они встречаются в слюдяных породах в виде мелких (до 2—5 мм) прозрачных кристаллов. Иногда попадаются кристаллы до 8—10 см в поперечнике, но непрозрачные или полупрозрачные и трещиноватые.

Могокские элювиально-делювиальные россыпи в Бирме представляют собой глинисто-щебенистые, местами гравийные отложения мощностью 2—25 м. В пласте встречаются рубины, сапфиры, шпинель и гранат. Крупные аллювиальные россыпи рубина и сапфира известны на о. Шри-Ланка в районе г. Ратнапур (месторождения Пелмадулла, Раквана, Эхнелийягода, Багангода и Курувита). Здесь обнаружены также хризоберилл, аквамарин, аметист, гранат, топаз, турмалин, шпинель. Из этих месторождений было извлечено несколько сот тонн драгоценных камней. В 1974 г. в россыпях Шри-Ланки найдено два крупных сапфира — голубой (144 кар) и желтый (300 кар).

В США в шт. Каролина на р. Кови-Крик известна золотоносная россыпь, в которой встречены рубины. Кристаллы мелкие (до 1–2 кар), для огранки пригодна только незначительная их часть.

В Центральной Австралии в 1978 г. обнаружено новое месторождение рубинов (около Алис-Спрингс). По запасам это месторождение относится к третьему по величине в мире. Рубины отличного качества и хорошего цвета.

В Кашмирских Гималаях (Индия) с 1882 г. известно месторождение Сумджам. Сапфиросносные пегматиты залегают среди доломитизированных известняков. Кристаллы сапфира крупные (до 5 см), отличаются чистым синим, фиолетовым, зеленым и желтым цветом. Длина зонально окрашенных кристаллов до 12,5 см, в поперечнике до 7,5 см.

Россыпные месторождения сапфира в США расположены по рекам Рок-Крик и Драй-Коттонвуд-Крик (шт. Монтана) в галечниковых и песчано-гравийных отложениях. Сапфиры густого синего, сине-зеленого, розового и желтого цвета.

Добыча сапфиров в прежние годы на этих месторождениях была значительной и в отдельные годы достигала 400 тыс. кар.

рождениях была значительной и в отдельные годы достигала 400 тыс. кар.

В шт. Монтана расположено еще одно крупное месторождение Його-Галч. Дайка сапфирсодержащих лампрофиров протягивается почти на 8 км при мощности 2–6 м; эксплуатировалась с 1886 г. в течение 40 лет. За это время из нее было извлечено около 2,5 млн. кар ювелирных и 14 млн. кар технических сапфиров. Кристаллы мелкие (около 2 кар), окраска их от бледно-синей до васильковой.

На р. Миссури находится известное россыпное месторождение золота (Каньон Ферри), в котором сапфиры – попутный компонент. Кристаллы бледно-синие или зеленоватые, размером до 4–6 кар, невысокого качества.

В Австралии в шт. Квинсленд встречаются сапфиросносные базальтовые породы, являющиеся источником аллювиальных россыпей. За 60 лет здесь было добыто около 2 млн. кар сапфиров. Кристаллы мелкие, синие, зеленые и оранжево-желтые, встречаются александритоподобные сапфиры и камни с астеризмом. В шт. Новый Южный Уэльс также находится месторождение сапфиров в базальтах, с которым связана аллювиальная россыпь р. Фрейзерс-Крик. Добыча сапфиров была незначительной, велась попутно с золотом, однако с 1970 г. она резко возросла. Камни, добываемые на этом месторождении, густого синего цвета с пятнистой или зональной окраской.

В Австралии добывают около 80 % всей мировой добычи сапфиров на сумму 15 млн. долл., что составляет половину стоимости всех добываемых в мире камней.

Берилл

Благородный берилл как ювелирный камень применялся с давних времен благодаря неповторимой красоте цвета различных его разновидностей, особенно таких, как изумруд и аквамарин. Упоминания о берилле встречаются уже в трудах Теофраста, об изумруде – в трудах Плиния. Название



Рис. 31. Ограненные бериллы

кристалл получил, вероятно, от греч. $\beta\eta\rho\upsilon\lambda\lambda\omicron\varsigma$, значение которого не установлено.

Окраски берилла практически всех цветов спектра. В зависимости от окраски различают ряд разновидностей: травяно-зеленые — изумруд (смагд); голубые, иногда с зеленоватым оттенком — аквамарины, темно-синие — максикс; розовые — воробьевит (за рубежом — морганит); ярко-красные — биксбиит (необычайно редок); желтые, золотистые — гелиодоры. Среди бесцветных бериллов выделяют гошениты и плоские таблитчатые ростериты. Обыкновенным бериллом обычно называют кристаллы желтовато-зеленоватых, зеленоватых и голубовато-зеленоватых тонов. Иногда встречаются звездчатые бериллы и бериллы с эффектом "кошачьего глаза" (рис. 31).

Берилл представляет собой силикат бериллия и алюминия — $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. BeO в нем содержится 10,0—14,00%. В качестве примесей могут присутствовать щелочные элементы Na, K, Li, Rb, Cs (до 7%), Cr, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg, Ca, Sc, реже Mn, Ti, V, Ga, Ge, H_2O ; очень редки примеси бора и фосфора.

Кристаллы берилла относятся к гексагональной сингонии, дигексагонально-дипирамидальному виду симметрии.

Структура берилла состоит из колец $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, соединенных через атомы Be и Al. Кольца образуют вытянутые вдоль оси шестого порядка колонки, создавая полые каналы. Колонки из колец $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ связаны бериллиево-кислородными тетраэдрами (Be в четверной координации) и

алюмоокислородными октаэдрами (Al в шестерной координации). Каналы могут вмещать молекулы воды, ионы цезия и натрия, которые существенно не влияют на параметр a_0 элементарной ячейки, но могут несколько изменять величину c_0 . Литий в небольших количествах изоморфно замещает бериллий. В незначительных количествах в состав берилла входят Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Se^{3+} , Mg^{2+} , реже Ca^{2+} . От этих примесей зависят цвет, плотность и оптические характеристики берилла.

Кристаллы берилла часто хорошо образованы. Размер их колеблется от очень маленьких до нескольких метров. Обычно габитус кристаллов призматический. Главнейшие простые формы: гексагональная призма $\{1010\}$, пинакоид $\{0001\}$; дипирамиды $\{1121\}$, $\{1011\}$ и призма $\{1120\}$. Всего на кристаллах берилла известно около 40 комбинаций. По морфологической классификации В.В. Доливо-Добровольского выделяют следующие типы кристаллов берилла: 1-й тип — вытянутые, 2-й тип — изометрические, 3-й тип — сплюснутые, 4-й тип — сильносплюснутые.

На гранях кристаллов часто наблюдаются фигуры роста и растворения в виде ромбовидных и квадратных углублений на $\{1010\}$, шестиугольных или пирамидальных углублений на $\{0001\}$. При растворении иногда образуются копьевидные или "обсосанные" кристаллы.

Берилл встречается также в виде параллельных, сноповидных, радиальнолучистых и шестоватых агрегатов.

Плотность и оптические характеристики разновидностей берилла различны: плотность 2,6–2,9 г/см³, $n_o = 1,575$ –1,600; $n_e = 1,566$ –1,590; двупреломление 0,004–0,010. Дисперсия 0,014. Наблюдается плеохроизм: обычная схема абсорбции $No > Ne$, реже $Ne > No$ (табл. 10).

Берилл оптически одноосный, отрицательный, но в редких случаях наблюдаются оптические аномалии — и он становится двuosным. Блеск стеклянный, чуть жирноватый. Спайность отсутствует, наблюдается отделимость по пинакоиду $\{0001\}$. Излом неровный раковистый. Твердость 7,5–8 по шкале Мооса. Микротвердость характеризуется величиной 9149–14591 МПа. Твердость граней пинакоида несколько ниже.

В воде берилл нерастворим, устойчив в кислотах (кроме плавиковой). Очень медленно растворяется в расплавах КОН и NaOH. Температура плавления 1420 °С. Кривые нагревания берилла до 1000 °С не показывают никаких резких термоэффектов. Кривые потери массы указывают на постоянное выделение воды, особенно от 890–920 до 1120–1180 °С. При нагревании свыше 1000 °С берилл обесцвечивается, мутнеет и растрескивается.

Берилл — наиболее распространенный минерал бериллия. Он встречается в различных постмагматических образованиях, связанных с гранитами, — пегматитах, грейзенах и гидротермальных месторождениях. Еще В.И. Вернадским была установлена зависимость некоторых особенностей берилла от температуры образования: с понижением температуры образования изменяются их окраска и облик — от призматического до короткостолбчатого. По данным изучения газовой-жидких включений в бериллах установлено, что температурный диапазон их образования достаточно широкий. Они возникают при температурах, изменяющихся от 700–600 до 200 °С, основная масса бериллов образуется в интервале 500–300 °С.

ТАБЛИЦА 10

Основные свойства различных разновидностей берилла

Разновидность	Цвет	Плеохроизм	Показатели преломления		Двупреломление $N_o - N_e$	Плотность, г/см ³	Твердость, по шкале Мооса	Дис- персия	Цвет люминес- ценции в ультра- фиолетовых лучах
			n_o	n_e					
Изумруд	Травяно- зеленый	N_e — зеленый; голубовато-зеле- ный	1,576	1,569	0,004—0,008	2,68—2,77	7,5—8	0,014	Иногда красный (центры люми- несценции Cr^{3+} и Fe^{3+})
		N_o — желтовато- зеленый	1,593	1,586					
Аквамарин	Голубой	N_e — голубой, N_o — зеленовато- голубой до бес- цветного	1,575—1,586	1,570—1,580	0,005—0,006	2,70	7,5—8	0,014	—
Аквамарин- максикс	Синий	N_e — бесцветный N_o — кобальтово- синий	1,592	1,584	0,008	2,50	7,5—8	0,014	—
Воробьевит (морганит)	Розовый	N_e — бледно-ро- зовый N_o — голубовато- розовый до бес- цветного	1,590—1,600	1,580—1,590	0,008—0,010	2,80—2,90	7,5—8	0,014	Иногда бледно- фиолетовый, яркий голубовато- белый
Биксбиит	Красный		1,576	1,570	0,006	2,67	7,5—8	0,014	—
Гелиодор	Желтый	N_e — красновато- желтый N_o — золотисто- желтый	1,570—1,591	1,566—1,584	0,004—0,007	2,67—2,69	7,5—8	0,014	—

Месторождения ювелирных бериллов известны в СССР, Бразилии, Мозамбике, ЮАР, Демократической Республике Мадагаскар, Намибии, США, Шри-Ланке.

Благодаря разнообразной красивой окраске, прозрачности и блеску бериллы являются благодатным ограночным материалом, издавна пользующимся огромной популярностью. Для них используются главным образом ступенчатая (изумрудная) или бриллиантовая огранка; при этом необходимо учитывать плеохроизм. В прошлом для усиления окраски ограненные камни в изделиях часто помещали на фольгу того же цвета. Непрозрачные камни или индивидуумы с астеризмом или эффектом "кошачьего глаза" обрабатывают в форме кабошона. Известны геммы на бериллах, главным образом на аквамаринах. Крупные кристаллы, например, аквамарина, использовали иногда для изготовления различных поделок крупных размеров.

Неювелирный берилл также имеет огромное значение. Он является основной рудой бериллия, применяемого в современной технике (бериллиевые бронзы, сверхлегкие сплавы, отражатели нейтронов в атомных реакторах и т.д.).

Из ювелирных бериллов синтезируют изумруды. Для имитаций используют многие минералы, синтетические материалы и стекла.

Изумруд

Изумруд — прекраснейший и излюбленный во все времена ювелирный камень. Современное название "изумруд" дошло до наших дней из глубокой древности, претерпев значительные метаморфозы. Упоминания об изумруде (мараката, маркат, таркшиа) имеются в древнеиндийском эпосе "Махабхарате". В древнем индийском манускрипте о драгоценных камнях "Агастии" повествуется о восьми разновидностях изумруда. Санскритское или персидское название — "заморрод" со временем превратилось в греческое — "смарагдос", а затем в латинское "смарагдус". Со временные звучания: "эмеральд" (а ранее "эсмеральд" от лат. *emerald*), "смарагд", "изумруд" — появились в средние века. Вначале под этими названиями объединялись любые зеленые камни, как прозрачные, так и непрозрачные, и, вероятно, в XVI в. так называли именно разновидность берилла сочного зеленого цвета.

Изумруды были известны еще в Древнем Египте и Вавилоне. Их добывали из африканских месторождений, известных в более позднее время как легендарные Копи Клеопатры. В Северной Африке с 1650 г. до н.э. до середины XVIII в. добыча изумрудов велась на ряде месторождений (в районе гор Забара, Сикайт и Иугрус), расположенных в 50—60 км к востоку от побережья Красного моря.

В течение многих столетий разрабатывались месторождения изумруда в Колумбии. Европейцы узнали о замечательных камнях Южной Америки в XVI в. в связи с завоевательскими походами испанских конкистадоров. В настоящее время в Колумбии функционируют три месторождения — Музо, Чивор, Коскес.

Первые находки изумрудов в Европе относятся к 1797 г., когда были найдены кристаллы в Австрии — в Зальцбурге (Восточные Альпы). Изучение и разработка месторождения Хабахталь начались с XIX в.

В 1830 г. крестьянин Максим Кожевников на берегу р. Токовой (Урал) в корнях вывороченного дерева нашел несколько кристаллов и обломков зеленого камня, которые, как установил в 1831 г. Яков Коквин, оказались изумрудами. Вскоре начались старательские разработки месторождений, названных Изумрудными копиями.

Несколько позже изумруды были обнаружены в Северной Америке (шт. Сев. Каролина, США) и в Австралии (шт. Новый Южный Уэльс).

В 1927 г. в Южной Африке было открыто месторождение изумрудов Сомерсет, расположенное в 25 км северо-восточнее г. Лейдсдорпа у южных склонов горной цепи Мурчисон в Трансваале. Долгие годы рудник Сомерсет был основным источником изумрудов в Трансваале, но с 1960 г. центром добычи изумрудов стали рудники Кобра и Гравелот.

В 1943 г. изумруды были обнаружены в Индии в Раджастхане. Изумрудный пояс здесь простирается на 927 км; в его пределах располагаются месторождения и рудопроявления Тикхи, Калагуман, Калагурха (район Удайпур), Раджгарх и Бубани (район Адджер). Эти месторождения разрабатывались до середины 50-х гг., но затем были заброшены, и лишь в середине 60-х гг. работы были возобновлены на месторождении Бубани, где обнаружены прекрасные изумруды.

Месторождения изумрудов обнаружены в 1956 г. в Зимбабве (Сандвана, Шикванда, Мустард-Пиппер и Новелло-Клаймс), а в 1964 г. в Бразилии (Караниба, шт. Баия). Известны месторождения изумрудов в Норвегии, на о. Мадагаскар, в Пакистане и др.

Изумруд встречается, как правило, в виде хорошо образованных кристаллов с развитыми гранями призмы, пинакоида, реже дипирамид. Облик кристаллов обычно удлиненно-призматический или столбчатый. Иногда они образуют "изумрудные солнца" (рис. 32), реже друзы.

Размеры кристаллов различны: чаще всего мелкие кристаллы ювелирного качества, но иногда и значительных размеров. Самый крупный в мире изумруд размером 14 x 35 см и массой 24000 кар найден в 1956 г. на руднике Сомерсет (ЮАР). К сожалению, он не сохранился в первоначальном состоянии, так как был распилен на несколько частей и обработан. Стоимость камней, полученных после обработки, составила 250 млн. французских франков. Уникальные изумруды массой 1629,6 и 1160 кар обнаружены в Зимбабве.

Уникальные изумруды обнаружены и в нашей стране. В Минералогическом музее АН СССР им. А.Е. Ферсмана хранится "Кочубеевский изумруд" — прекрасный кристалл красивого сочного зеленого цвета и хорошего качества массой 11 тыс. кар, в "Алмазном фонде СССР" — найденный в 1978 г. "Славный уральский" массой 3362,5 кар. Встречаются и другие значительные по размеру, хорошие по качеству и цвету кристаллы.

Заслуженной славой пользуются изумруды Колумбии: "Кристалл из Гачалы" (7025 кар), "Австрийский изумруд" (2681 кар), "Девонширский изумруд" (1383,95 кар). В Национальном музее Нью-Йорка хранится изумруд "Патриция" (632 кар).



Рис. 32. Изумруд в породе

Крупнейшие североамериканские изумруды: "Гордость Америки" (сросток кристаллов массой 1470 кар), "Изумруд Стефансона" (массой 1438 кар), "Украденный изумруд" и "Гидденит-изумруд" (1270 кар) и ряд других. Упомянутые камни уникальны не только по размерам, но и по качеству — это прекрасные, в значительной степени прозрачные камни красивого густого цвета.

Интенсивность окраски изумрудов может быть различная. В ювелирном деле используются изумруды от слабого зеленого до густого сочного изумрудного цвета. При одинаковых степени прозрачности, дефектности (наличии трещин и включений) и размере стоимость камня тем выше, чем интенсивнее его окраска, причем разница в стоимости различных цветов оттенков весьма значительна.

Зеленая окраска изумруда обусловлена ионами Cr^{3+} , изоморфно замещающего ионы алюминия в октаэдрических позициях структуры берилла. Интенсивность окраски связана с содержанием этой примеси хрома. Изумруды различных месторождений отличаются разными оттенками зеленого цвета. Так, для колумбийских изумрудов характерен голубоватый оттенок, для уральских и североафриканских — легкий желтоватый, придающий некоторую теплоту камню, что обусловлено присутствием ионов железа, изоморфно входящих в структуру берилла.

В изумрудах довольно отчетливо выражен дихроизм, особенно в колумбийских: *Ne* — зеленый, голубовато-зеленый; *No* — желтовато-зеленый ($No < Ne$). В спектрах поглощения изумрудов наблюдаются линии

поглощения: для *No* — 683, 680, 637, 625, 580, 477, 472 нм, для *Ne* — 683, 680, 637, 662, 646 нм.

Часто в изумрудах наблюдается зональное окрашивание. Причем зональность эта может быть проявлена по-разному. Встречаются кристаллы со слабоокрашенной периферийной и интенсивно-зеленой центральной частью и наоборот. Другой тип зональности — изменение интенсивности окраски вдоль длинной оси кристалла, причем видно несколько перемежающихся полос различной интенсивности. Иногда кристаллы окрашены неравномерно, пятнами [6]. Окраска устойчива и не изменяется под воздействием света и тепла. Однако при нагревании до 700–800 °С цвет кристаллов несколько бледнеет.

Изумруд оптически одноосный. Показатели преломления и двупреломления у кристаллов из различных месторождений могут несколько отличаться, что связано с изменением содержания примесей, входящих в структуру изумруда. Это отражается и на плотности минерала (табл. 11).

Изумруды некоторых месторождений люминесцируют в ультрафиолетовых лучах: красным в длинноволновом и зеленым в коротковолновом диапазонах.

Генезис месторождений изумрудов пегматитовый, пневматолитово-гидротермальный или гидротермальный. Большое значение имеет состав вмещающих пород, из которых обычно заимствуется хром, необходимый для образования изумрудов. В зависимости от типа месторождений в изумрудах наблюдаются различные включения: жидкие, газовой-жидкие и твердые. В изумрудах Урала они представлены чешуйками флогопита и талька, игольчатыми кристаллами актинолита и турмалина; в изумрудах Австрии — игольчатыми тремолитом и турмалином, эпидотом, сфеном, апатитом, рутилом, чешуйками биотита; в изумрудах Колумбии — трехфазными включениями, в кристаллах из месторождения Чивор — пиритом и альбитом, из месторождения Музо — паризитом и кальцитом, в изумрудах Южной Африки — включениями молибденита. Часто в изумрудах обнаруживают трещины. Трещины с включениями, особенно газовой-жидкими, иногда образуют так называемые картины "сад", которые создают дополнительное сверкание, придают камням особую привлекательность. В целом включения и трещины понижают качество ювелирного камня, а следовательно, и его стоимость.

Прозрачным изумрудам придают огранку ступенчатую, прямоугольную "изумрудную" или в виде "каре", реже бриллиантовую. Камни полупрозрачные обрабатываются в форме кабошонов. При обработке следует учитывать наличие дихроизма. В ювелирных изделиях — брошах, серьгах, колье, кольцах, кулонах — изумруды часто сочетают с бриллиантами.

В качестве имитаций изумруда применяются дублеты из горного хрусталя и аквамарина или берилла и бледного изумруда, сцементированных изумрудно-зеленой пастой. В дублетах используют также стекло или синтетическую шпинель. Кроме того, в качестве имитации применяют минералы зеленого цвета, очень распространенные и менее дорогие — корунд, диоптаз, хромдиопсид, турмалин, уваровит, демантоид, гроссуляр, хризолит, александрит, гидденит. Имитацию можно отличить от изумруда методами идентификации минералов по их свойствам.

ТАБЛИЦА 11

Диагностические свойства изумруда и его имитации

Название	Оптический характер, двупреломление	Показатели преломления	Дисперсия	Твердость	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Изумруд: природный синтетический	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,004-0,008$ $n_o \div n_e = 0,003-0,006$	$n_o = 1,576-1,593$ $n_e = 1,569-1,586$ $n_o = 1,564-1,580$ $n_e = 1,561-1,574$	0,014	7,5-8	2,68-2,77 2,65-2,70	Иногда красный Красный
Александрит	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,009-0,011$	$n_g = 1,753-1,758$ $n_m = 1,747-1,749$ $n_p = 1,744-1,747$	0,015	8,5	3,64-3,66	Иногда красный
Гидденит (сподумен)	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,014-0,027$	$n_g = 1,665-1,682$ $n_m = 1,660-1,669$ $n_p = 1,653-1,670$	0,017	6,5-7,5	3,0-3,2	—
Гроссуляр	Изотропный	$n = 1,738-1,745$	0,027	7-7,5	3,60-3,65	—
Демантоид	"	$n = 1,888-1,889$	0,057	6,5-7	3,82-3,85	—
Диоптаз	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,053$	$n_o = 1,644-1,658$ $n_e = 1,697-1,709$	0,036	5	3,28-3,35	—
Жадеит	Анизотропный $n_g - n_p = 0,012-0,020$	$n_g = 1,652-1,667$ $n_m = 1,645-1,659$ $n_p = 1,640-1,654$		6,5-7	3,30-3,36	Иногда слабо-зеленый, серо-голубой
Корунд: природный и синтетический	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,008-0,009$	$n_o = 1,757-1,768$ $n_e = 1,765-1,776$	0,018	9	3,99-4,05	—
Турмалин (верделит, увит)	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,017-0,024$	$n_o = 1,632-1,648$ $n_e = 1,612-1,628$	0,017	7-7,5	3,05-3,12	—

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 11

Название	Оптический характер, двупреломление	Показатели преломления	Дисперсия	Твердость	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Уваровит	Изотропный	$n = 1,740-1,870$	0,026	7,5	3,40-3,80	
Хризолит	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,040$	$n_g = 1,682$ $n_m = 1,663$ $n_p = 1,642$	0,020	6,5-7	3,32-3,50	
Хризопраз	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,007-0,009$	$n_e = 1,537-1,539$ $n_o = 1,530$		6,5-7	2,57-2,58	—
Хромдиопсид	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,028-0,031$	$n_g = 1,702-1,708$ $n_m = 1,680-1,686$ $n_p = 1,672-1,674$		5,5-6	3,20	—
Циркон	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,036-0,059$	$n_o = 1,780-1,930$ $n_e = 1,815-1,970$	0,039	6,5-7,5	3,95-4,80	Желтый, оранжевый
Шпинель синтетическая	Изотропный, часто аномально анизотропный	$n = 1,728$	0,020	3,63	8	
Кварц синтетический	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,009$	$n_e = 1,553$ $n_o = 1,544$	0,013	7	2,65	
ИАГ	Изотропный	$n = 1,834$	0,028-0,038	6,5-8,5	4,57-7,09	Зеленый, голубой, фиолетовый, желтый
Фианит	"	$n = 2,10-2,20$	0,060	7,5-8	6-10	То же
Стекло	"	$n = 1,44-1,77$	0,010	5-7	2,0-4,5	"
Стекло бериллиевое	"	$n = 1,52$		7	2,49	"

Издавна для имитации использовали стекло. Отличают его по твердости, наличию включений пузырьков воздуха и ряду других признаков.

В настоящее время в ювелирных изделиях широко используют искусственный изумруд, синтезируемый в СССР, Швейцарии, Франции, ФРГ, Японии и др. Впервые такие изумруды были получены в 1848 г. во Франции. С начала XX в. были разработаны различные методы синтеза изумруда, по цвету неотличимого, а по качеству превосходящего природный, в связи с чем актуальным стал вопрос разработки методов диагностики. Для решения его применяют современные физические методы минералогических исследований — инфракрасная спектроскопия (ИКС), электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и др., позволяющие по примесным центрам в кристаллах отличать природные минералы от синтезированных.

Аквамарин

Аквамарин — голубой или зеленовато-голубой прозрачный берилл (рис. 33), цвет которого можно сравнить с цветом воды тропического моря (от лат. *akva* — вода и *mare* — море).

Аквамарины из различных месторождений отличаются окраской — от небесно-голубой до темно-синей. Так, по сведениям А.Е. Ферсмана, для русских аквамаринов характерны разнообразные оттенки: синие тона свойственны кристаллам Урала и Забайкалья, зелено-синие — кристаллам Ильменских гор. Известны находки аквамаринов в пегматитах Волыни (Украина). Прекрасного качества голубовато-зеленые и голубые аквамарины добывают в Бразилии (шт. Минас-Жерайс). Известны они и в Демократической Республике Мадагаскар, во многих штатах США, в Бирме, Индии, Шри-Ланке, Южной Африке, Танзании, Аргентине, Китае, Норвегии, Ирландии.

Окрашены аквамарины обычно равномерно, однако в некоторых кристаллах наблюдается зональное распределение окраски. Так, А.Е. Ферсман описал аквамарины с желтоватым ядром и голубовато-синевой периферийной зоной. Окраска аквамаринов обусловлена изоморфным вхождением в структуру берилла ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . В спектрах поглощения аквамарина наблюдаются линии поглощения 537, 456, 427 нм. Аквамарины, как правило, не содержат щелочей.

Плеохроизм, особенно у кристаллов, окрашенных в глубокий голубой или синий цвет, выражен отчетливо. *Ne* — голубой, *No* — зеленовато-голубой до бесцветного ($No < Ne$).

Необычного глубокого сапфирово-синего цвета аквамарины были найдены в 1917 г. в шт. Минас-Жерайс в Бразилии на руднике Максикс и были названы аквамаринами-максикс. Однако окраска кристаллов оказалась неустойчивой: при дневном свете через несколько дней они обесцвечивались или становились желтыми или рыжевато-коричневыми. Высказано предположение, что это вызвано природным облучением кристаллов. Максикс содержит (в %): Fe_2O_3 0,03, B_2O_3 0,39, следы меди; отличается повышенным содержанием щелочей. В спектре поглощения аквамарина-максикс отмечаются линии поглощения 695, 654, 628, 615, 581,



Рис. 33. Аквамины (природный кристалл и ограненный)

550 нм. Плеохроизм отчетливо выражен: *No* — кобальтово-синий, *Ne* — бесцветный.

Иногда встречаются кристаллы аквамарина очень больших размеров. В Бразилии, в шт. Минас-Жерайс, найден один из крупнейших аквамаринов массой 110 кг и длиной 48,5 см. Голубая окраска этого кристалла сосредоточена в центральной зоне, периферийная зона окрашена в светло-зеленый цвет, а промежуточная в желтовато-зеленый. Одна часть кристалла массой 6 кг находится в музее Нью-Йорка, из второй части получены ограненные камни прекрасного качества.

Крупный аквамарин массой 82 кг был найден в 1796 г. в Восточном Забайкалье. Красивые синевато-зеленые длиной 19 и 20 см были обнаружены в 1843 г. в Ильменских горах. На Алтае найдены аквамины длиной 61 и шириной 15 см.

В Бразилии помимо описанного выше встречены такие крупные аквамины, как "Марта Роха" массой 34 кг, кристаллы 22,3, 22, 10 и 5,3 кг.

Из ограненных акваминов следует упомянуть камень массой 900 кар из Индии и камень с бриллиантовой огранкой массой $133\frac{3}{4}$ кар из Северной Америки.

Форма кристаллов аквамарина, как правило, удлиненно-призматическая.

Плотность (в г/см³) акваминов около 2,7, акваминов-максис 2,5.

В ультрафиолетовых лучах аквамины не люминесцируют.

ТАБЛИЦА 12

Диагностические свойства аквамарина и его имитаций

Название	Оптический характер, величина двупреломления	Показатели преломления	Твердость, по шкале Мооса	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Аквамарин	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,005 - 0,006$	$n_o = 1,575 - 1,586$ $n_e = 1,570 - 1,580$	7,5–8	2,70	Не наблюдается
Топаз	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,003 - 0,010$	$n_g = 1,618 - 1,637$ $n_m = 1,610 - 1,631$	8	3,50–3,57	Желтоватый, зеленова- тый
Кианит	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,017$	$n_p = 1,607 - 1,629$ $n_g = 1,727 - 1,734$ $n_m = 1,721 - 1,723$ $n_p = 1,712 - 1,718$	4,5 (7)	3,53–3,68	Красный
Эвклаз	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,019 - 0,020$	$n_g = 1,611 - 1,672$ $n_m = 1,655$ $n_p = 1,652$	7,5	3,02–3,10	Не наблюдается
Шпинель синтетическая	Изотропная, часто с аномаль- ным двупреломлением в виде тонких полос или сеток	$n = 1,728$	8	3,63	Желтый, красный, си- ний, белесый
Кварц синтетический	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,009$	$n_e = 1,553$ $n_o = 1,544$	7	2,65	Не наблюдается
Стекло	Изотропный, иногда с ано- мальным двупреломлением	$n = 1,44 - 1,77$	5–7	2,0–4,5	Белесый в голубых, зеленых, желтых тонах

Помимо характерных для всех бериллов газово-жидких и жидких включений в аквамаринах иногда наблюдаются твердые включения белого цвета, называемые "хризантемами" и "снежными знаками". Эти включения могут служить диагностическим признаком. В ювелирных изделиях очень трудно отличить аквамарины от природных голубых топазов, синтетических шпинели и кварца, а также от стекла. Кроме того, иногда в качестве имитации аквамарина применяют дублеты. Отличать имитации следует по физическим свойствам и включениям (табл. 12).

Определенные трудности при диагностике природных аквамаринов возникают в связи с тем, что голубая окраска у бериллов может быть вызвана нагреванием зеленоватых и желтоватых бериллов до температуры 400–500 °C; она устойчива, и без специальных исследований ее нельзя отличить от природной. Кроме того, бесцветные и розовые бериллы после γ -облучения или нейтронного облучения приобретают глубокий сапфирово- или кобальтово-синий цвет, аналогичный окраске аквамаринов-максикс. Однако эта окраска неустойчива — быстро исчезает при дневном свете или нагревании.

В спектрах поглощения бериллов, искусственно окрашенных в голубой цвет, наблюдаются линии поглощения: 705–685, 645–625, 605, (597) нм.

Розовые и красные бериллы

Розовые бериллы известны под двумя названиями: *воробьевит*, принятое в СССР и в ряде стран Европы, и *морганит*, принятое в США.

Розовые бериллы глубокого красивого тона встречаются в Демократической Республике Мадагаскар, во многих районах шт. Минас-Жерайс в Бразилии (одна из жил с ювелирным воробьевитом размером до 20 см разрабатывалась в течение ряда лет), в США, Мозамбике, Зимбабве, Намибии, КНР и на о. Эльба. Воробьевиты, не имеющие практического значения, обнаружены на Урале. В частности, в музее Горного института в Ленинграде находится знаменитый розовый берилл из копи "Мокруша".

Цвет бериллов от бледного до глубокого розового, иногда с желтоватым или оранжево-красным оттенком, который исчезает при нагревании. Окраска в розовых бериллах вызвана присутствием Mn^{3+} и Li^{1+} (С.В. Грум-Гржимайло и др., 1968 г.; [35]).

В розовых бериллах наблюдается отчетливый плеохроизм: *Ne* — бледно-розовый, *No* — голубовато-розовый до бесцветного. Кристаллы розового берилла в отличие от изумрудов и аквамаринов имеют короткопризматический или толстотаблитчатый облик. Плотность их 2,80–2,90 г/см³ — это максимальная плотность, известная у различных разновидностей берилла, что обусловлено высоким содержанием в них щелочей, в частности цезия. Воробьевиты в отличие от других бериллов в ультрафиолетовых лучах люминесцируют бледно-фиолетовым светом, а у розовых бериллов о. Эльба наблюдается яркое голубовато-белое свечение. В рентгеновских лучах все они светятся темно-красным цветом.

Обнаруженные в 1905 г. в шт. Юта (США) землянично-красные берилл-

Диагностические свойства воробьевита (морганита) и его имитаций

Название	Оптический характер, величина двупреломления	Показатели преломления	Твердость, по шкале Мооса *	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Воробьевит (морганит)	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,008-0,010$	$n_o = 1,590-1,600$ $n_e = 1,580-1,590$	7,5-8	2,80-2,90	Бледно-фиолетовый, яркий голубовато-белый
Кварц	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,009$	$n_e = 1,553$ $n_o = 1,544$	7	2,65	Слабый темно-фиолето- вый
Топаз	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,003-0,010$	$n_g = 1,618-1,637$ $n_m = 1,610-1,631$ $n_p = 1,607-1,629$	8	3,50-3,57	Оранжево-желтый
Кунцит	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,025$	$n_g = 1,675$ $n_m = 1,66$ $n_p = 1,65$	6,5-7	3,1-3,2	Желтый
Рубеллит	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,018$	$n_o = 1,634-1,642$ $n_e = 1,616-1,624$	7-7,5	3,01-3,06	Иногда голубой (в ко- ротковолновых лучах)
Шпинель благородная	Изотропная	$n = 1,712$	8	3,5-3,7	Красный, оранжевый
Шпинель синтетическая	Изотропная, часто с аномаль- ным двупреломлением в виде тонких полос или сеток	$n = 1,728$	8	3,63	Красный, желтый
Корунд синтетический	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,008-0,009$	$n_o = 1,757-1,768$ $n_e = 1,765-1,776$	9	3,99	Красный
Фианит	Изотропный	$n = 2,1-2,2$	7,5-8	6-10	Голубоватый, зеленова- тый и др.
ИАГ	"	$n = 1,834$	6,5-8,5	4,55-7,09	То же
Стекло	Изотропный, иногда с ано- мальным двупреломлением	$n = 1,44-1,77$	5-7	2,0-4,5	"

лы в 1912 г. предложено было назвать биксбиитом. Кристаллы биксбиита имели вид толстых гексагональных пластин размером не более 10 мм.

Розовые бериллы в ювелирных изделиях легко можно принять за кунцит, розовый топаз, рубеллит, синтетический корунд, розовую благородную шпинель, фианит, ИАГ, стекло и др. Диагностику производят по важнейшим физическим свойствам (табл. 13).

Желтые и золотистые бериллы

Желтые бериллы известны под названием гелиодоры (от греч. — солнечный). Иногда гелиодорами называют лимонно-желтые и оранжевые бериллы, а золотистые — давитсонитами. Однако последнее название в литературе не прижилось и почти не употребляется. Гораздо чаще их называют просто золотистыми бериллами.

Желтая окраска бериллов обусловлена присутствием в тетраэдрических и октаэдрических координациях Fe^{3+} . Гелиодоры порой отличаются исключительной чистотой и прозрачностью, например редкой красоты ярко-золотистые бериллы Забайкалья. Иногда встречаются зонально окрашенные кристаллы. А.Е. Ферсман [39] описывает два типа зональности. В бериллах Сибири наблюдается концентрическая зональность с более желтым ядром и синеватой каймой.

В золотистых бериллах Забайкалья отмечается чередование окраски разных типов по длине кристалла. Такие бериллы напоминают полихромные турмалины.

Желтая окраска гелиодора исчезает при нагревании до 400 °С. Кристаллы при этом становятся бесцветными или голубоватыми.

Большая часть гелиодоров добывается в Бразилии. Кроме того, месторождения гелиодора известны в Намибии, Демократической Республике Мадагаскар, Шри-Ланке, США (в штатах Коннектикут и Мэн).

Иногда встречаются крупные кристаллы хорошего ювелирного качества.

В США на месторождении Стоунхем Тауншип был найден берилл, масса которого в обработанном виде 133,8 кар. Замечательный драгоценный берилл из копи Мерриал (США, шт. Коннектикут) был оценен в 20 тыс. долл.

Имитации под золотистые и желтые бериллы изготавливают из цитрина, топаза, турмалина, циркона, корунда (природного и синтетического), синтетической шпинели (табл. 14).

Звездчатые бериллы

В редких случаях в бериллах наблюдается астеризм, например в бериллах Сибири, в темно-коричневых бериллах Бразилии (шт. Минас-Жерайс) и Мозамбика. В последних появление эффекта шестилучевой звезды Р. Вебстер [50] связывает с ориентированными включениями ильменита.

Диагностические свойства гелиодора и его имитаций

Название	Оптический характер, величина двупреломления	Показатели преломления	Твердость, по шкале Мооса	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Гелиодор	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,004-0,007$	$n_o = 1,570-1,591$ $n_e = 1,566-1,584$	7,5-8	2,67-2,69	Иногда желтый (в коротковолновых)
Янтарь	Изотропный	$n = 1,537-1,548$	2-3	1,05-1,09	Голубой
Цитрин, природный и синтетический	Анизотропный; $n_e - n_o = 0,009$	$n_e = 1,553$ $n_o = 1,544$	7	2,65	Не наблюдается
Турмалин	Анизотропный; $n_o - n_e = 0,021-0,026$	$n_o = 1,635-1,661$ $n_e = 1,610-1,632$	7-7,5	2,90-3,10	То же
Топаз	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,003-0,010$	$n_g = 1,618-1,637$ $n_m = 1,610-1,631$ $n_p = 1,607-1,629$	8	3,50-3,57	Оранжево-желтый
Бразилианит	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,019-0,021$	$n_g = 1,621-1,623$ $n_m = 1,609$ $n_p = 1,602$	5,5	2,98-2,99	Не наблюдается
Хризоберилл	Анизотропный; $n_g - n_p = 0,009-0,011$	$n_g = 1,753-1,758$ $n_m = 1,747-1,749$ $n_p = 1,744-1,747$	8,5	3,63-3,83	То же
Шпинель синтетическая	Изотропная, с аномальным двупреломлением	1,728	8	3,63	Желтый, красный, синий, белесый
Фианит	Изотропный	2,1-2,2	7,5-8	6-10	Голубоватый, зеленоватый и др.
ИАГ	"	1,83-1,84	8-8,5	4,55-7,09	То же
Стекло	Изотропный, иногда с аномальным двупреломлением	1,44-1,77	5-7	2,0-4,5	"

Бесцветные ювелирные бериллы встречаются довольно редко. Шепард обнаруженные в 1844 г. на месторождении Гошен (США, шт. Нью-Гэмпшир) бесцветные бериллы предложил называть гошенитами. Однако это название не получило широкого распространения.

Плоские, иногда совершенно пластинчатые кристаллы берилла, бесцветные или светло-розовые, обогащенные обычно литием и цезием, появляющиеся на заключительных стадиях пегматитового процесса, называют ростеритами. Кристаллы с о. Эльба иногда характеризуются зональной окраской: прозрачные бесцветные зоны у них наблюдаются только по периферии. П.В. Еремеевым описан постепенный переход зеленого берилла в бесцветный.

Большого практического значения как ювелирный камень бесцветные бериллы не имеют. Однако иногда встречаются старинные ювелирные изделия с ограненными бесцветными бериллами (например, в окладах икон, хранящихся в музее г. Витебска). В целом бесцветные бериллы интересны только для коллекционеров.

Многие бесцветные минералы, а также синтетические материалы и стекло могут служить имитацией бесцветных бериллов.

Хризоберилл

Хризоберилл принадлежит к числу драгоценных камней, известных с давних времен. Цвет его золотисто-желтый (от греч. χρυσοῦς — золотой). Огромной популярностью пользовались камни с эффектом "кошачьего глаза" — цимофаны. Первоначально так называли переливчатые разности хризоберилла, но позже "кошачьим глазом" стали называть и другие камни — кварцы, турмалины и др. По Плинию-Старшему "кошачий глаз" назывался звездовиком. М.И. Пыляев писал, что в "Изборнике Святослава" этому камню приписывали магические свойства: якобы он предохраняет от проказы, чесотки и т.п., а также от алкоголя. Одна из разновидностей хризоберилла имеет изумрудно-зеленую окраску при дневном свете и фиолетово-красную при электрическом. Такая разновидность хризоберилла называется александритом.

Способность александрита изменять окраску в зависимости от характера освещения объясняется положением полос поглощения в его оптическом спектре, связанных с переходами $\rightarrow^4 T_{1g}$ и $\rightarrow^4 T_{2g}$ в ионе Cr^{3+} . Для таких полос поглощения длины волн 415 и 580 нм являются критическими (Э. Фарелл, Р. Ньюхем, 1965 г.): если энергия переходов превышает критические значения, то александрит становится зеленым, если не превышает — красным. Александрит чувствителен к спектральному распределению энергии в освещении, так как энергия полос поглощения в спектре александрита перекрывает критические значения длин волн, колеблясь от 410 до 420 и от 565 до 595 нм. "Окна" между полосами поглощения переходов $\rightarrow^4 T_{1g}$ и $\rightarrow^4 T_{2g}$ в спектре александрита пропускают спектр солнечного света с максимумом интенсивности в зеленой области — и мине-

рал кажется зеленым при дневном свете. Длинноволновое излучение лампы накаливания пропускается "окном" в красной области (более 600 нм), обуславливая красную окраску [24]. Кажущееся резкое изменение окраски александрита связано с физиологическими особенностями восприятия человеческого зрения, наиболее чувствительного к зеленому свету (рис. 34).

Химическая формула хризоберилла — BeAl_2O_4 . В нем содержится (в %): BeO 17–20, Al_2O_3 около 80. Как правило, в минерале присутствуют примеси железа и хрома. Цвет хризоберилла разнообразен — желто-зеленый, желтый, реже коричневый, красный, фиолетовый. Желтая окраска объясняется присутствием железа, а александритовая — хрома.

Хризоберилл кристаллизуется в ромбической сингонии, ромбодипирамидальном виде симметрии. Кристаллы таблитчатой или призматической формы обычно образуют двойники и тройники (плоскость двойникования {031}, имеющие вид псевдогексагональных кристаллов. На гранях {100} часто наблюдается штриховка. Блеск стеклянный. Спайность ясная по {011}, несовершенная по {010} и слабая по {100}. Твердость 8,5 по шкале Мооса. Микротвердость 16592–18896 МПа. Плотность 3,631–3,835 г/см³, а у александрита 3,644–3,663 г/см³. Показатели преломления $n_g = 1,753\text{--}1,758$, $n_m = 1,747\text{--}1,749$, $n_p = 1,744\text{--}1,747$. Двупреломление: $n_g - n_p = 0,009\text{--}0,011$. Дисперсия 0,015. Оптически двуосный, положительный, $2V = 10\text{--}71^\circ$. Характерен плеохроизм: по оси В цвет минерала желтый, по оси С — зеленый, по оси А — красный. Александрит изменяет цвет в зависимости от кристаллографического направления от фиолетово-красного, желтого до изумрудно-зеленого. В ультрафиолетовых лучах александриты иногда светятся красным цветом.

Для некоторых разновидностей характерно появление микроскопических каналов или волокнистых включений, расположенных параллельно кристаллографической оси. При обработке такого камня в форме кабашона (так, чтобы перпендикуляр к округленной поверхности располагался под прямым углом к каналам) появляется широкая серебристо-белая полоса света, которая в виде "играющего луча" рассекает его надвое. При этом у хризоберилла часто появляется опалесценция, так как каналы обычно полые. Цимофаны встречаются редко.

Хризоберилл обычно гранят в бриллиантовую или ступенчатую форму.

Крупные кристаллы хризоберилла встречаются довольно редко, а кристаллы хорошего качества и густого цвета — камни уникальные. Г. Банк пишет, что один из самых крупных хризобериллов массой 8 кг был зарегистрирован в 1828 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия). В России широкую известность получила уникальная друза александрита, найденная на Урале, — "Друза П.А. Кочубея" размером 25 × 15 см с прекрасно образованными кристаллами величиной 6 × 3 см, темно-зеленого цвета, но практически непрозрачными и слабопросвечивающими. Друза находится в Минералогическом музее АН СССР им. Ферсмана. В музее Ленинградского Горного института хранятся чистые прозрачные кристаллы александрита размером 6 × 3 см из месторождений Урала.

Один из самых крупных хризобериллов массой 187 кар был найден в Шри-Ланке. Там же был обнаружен "кошачий глаз" массой 475 кар. В



Рис. 34. Кристаллы александрита
 а — при дневном освещении; б — при вечернем освещении

Смитсониаповском институте в Вашингтоне хранятся цимофаны массой 171 кар серо-зеленого цвета, камни массой 58 и 48 кар с о. Шри-Ланка, а также ограненные желто-зеленые камни массой 114,3 и 120,5 кар. В частных коллекциях США имеются хризоберилл массой 185 кар и цимофан массой около 300 кар. В сокровищнице английских королей находится "кошачий глаз" из о. Шри-Ланка массой 313,2 кар.

Хризобериллы встречаются в бериллоносных пегматитах в шт. Минас-Жерайс (Бразилия), на островах Шри-Ланка и Мадагаскар, в США (в штатах Колорадо, Коннектикут и Мэн), а также среди флогопитовых слюдитов — аналогов грейзенов. Бразилия является наиболее важным поставщиком этого драгоценного минерала, добываемого из аллювиальных россыпей в виде гальки вместе с турмалином, топазом, гранатом и др. Второе по значению место в добыче хризоберилла занимает о. Шри-Ланка, где драгоценные камни извлекают из галечников, расположенных в южной части острова. Хризоберилл здесь представлен всеми разновидностями желтого и зеленого цвета, "кошачьим глазом" и александритом. Камни довольно крупные и достигают 20 кар и более. В СССР хризоберилл извлекали попутно при разработке месторождений изумрудов.

Основные районы добычи цимофана — россыпи островов Шри-Ланка и Мадагаскар.

Опал

Опал — один из наиболее известных ювелирных камней. Его название произошло от древнесанскритского слова "упала" — драгоценный камень, в греческом языке это звучало как "опалос", в латинском — "опалус". Считается, что опал был известен ранее 250 г. до н.э. В странах Востока опал считают символом верности и надежды, однако в Европе существовало поверье, что опал приносит несчастье.

Цвет благородного опала белый, серый или черный. Еще Плиний Старший писал, что главное достоинство опала — опалесценция, т.е. способность "излучать последовательно различные яркие лучи под действием солнечного света" (рис. 35). Опалесценция вызывает разнообразную игру цвета, в связи с чем выделяют ряд разновидностей опала. Арлекином или восточным опалом называют камни с опалесценцией на огненном фоне, кошачьим глазом (редчайшая, наиболее дорогая разновидность) — с ярко-зеленой концентрически-зональной окраской, царским — опал с темно-красным ядром и изумрудно-зеленой каймой с внешней неокрашенной зоной, джиразолем — голубовато-белый опал с красновато-золотистой опалесценцией, огненным или пламенным — красноватый или оранжевый камень без опалесценции.

Интересны и некоторые разновидности обыкновенных опалов: кахолонг — фарфоровидный опал (рис. 36), нежно-зеленый празопал, розовый, молочный, смолистый опал. Опалы, окрашенные слоями, называют опал-агатами или опал-ониксами, камни с моховидными включениями — моховыми опалами. В настоящее время во всем мире пользуется популярностью так называемый деревянистый опал, представляющий собой

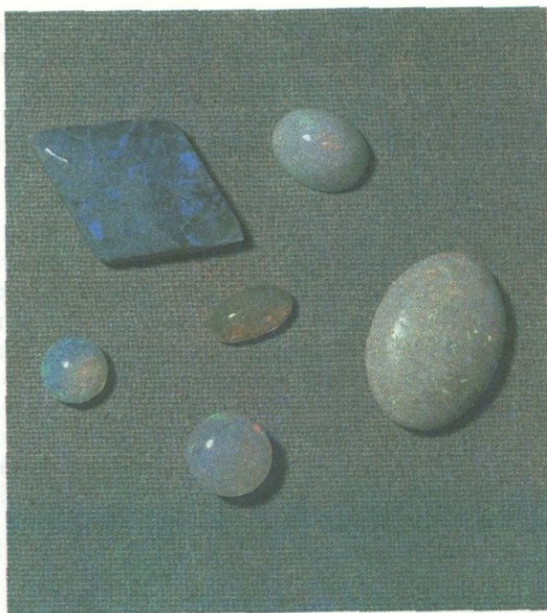


Рис. 35. Ограниченные вставки из опала



Рис. 36. Кахолонг

псевдоморфозы опала по дереву, часто сохраняющие рисунок структуры дерева.

По химическому составу опал является кремнеземом — SiO_2 , содержащим переменное (6–10 %) количество воды, которая со временем, особенно при нагревании, может теряться, что приводит к некоторому помутнению и растрескиванию опалов. Часто он окрашен различными примесями железа, никеля, марганца и др.

Большинство благородных опалов (кахолонг, празопал и деревянистый) относятся, согласно классификации Дж. Джонса и Е. Сегнита (1971 г.), к разупорядоченным α -кристобалитам и α -тридимитам. Среди опалов можно встретить и хорошо упорядоченный α -кристобалит с некоторым количеством тридимита.

Электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что большинство благородных опалов состоит из однородных по размеру сферических частиц кремнезема диаметром 150–450 нм, которые, в свою очередь, сложены мелкими глобулами диаметром 100–50 нм, расположенными концентрическими слоями или беспорядочно. Они образуют довольно упорядоченную упаковку, обуславливающую псевдокристаллическую структуру. Пустоты заполнены аморфным кремнеземом. Сферы действуют как трехмерная дифракционная решетка, вызывая опалесценцию. Интенсивность дифрагированного света связана с оптическими свойствами сфер и аморфного кремнезема пустот. Наилучший эффект наблюдается при разнице в показателях преломления 0,02, что имеет место в черных опалах, обладающих опалесценцией неповторимой красоты.

Опал оптически изотропен, иногда с аномальным двупреломлением. Показатели преломления 1,44–1,46. Блеск стеклянный. Плотность 2–2,20 г/см³. Твердость 5,5–6 по шкале Мооса. Хрупок. В ультрафиолетовых лучах у опалов может наблюдаться белое, а у огненных опалов — желтое и красное свечение.

Образование благородного опала связано с гидротермальными процессами или древним выветриванием. Они встречаются очень редко. Даже в весьма богатых месторождениях опала благородные его разновидности составляют всего 1 %. Месторождения опала обнаружены в СССР (в Карпатах, Забайкалье), Чехословакии, Венгрии, Мексике, Гондурасе, США, Бразилии. Однако 95 % мировой добычи опалов приходится на Австралию, где в 1877 г. в Новом Южном Уэльсе были найдены первые опалы. Позже было открыто большое число месторождений белого, черного, огненного опала. В последние годы спрос на мировом рынке на опалы, особенно черные австралийские, значительно вырос, в связи с чем почти вдвое поднялись и цены.

Опалы обрабатывают в форме кабошонов. Лучшая коллекция опалов находится в Вене. В ней хранятся два замечательных опала: один массой 7 тыс. кар, другой размером с куриное яйцо. В Австралии на месторождении Лайтнинг-Ридж был найден великолепный черный опал "Девоншир" массой 100 кар, в горах Андамука — массой 203 кар.

Долгое время не удавалось синтезировать опалы. И только в 1964 г. Слоукум впервые получил хрупкий и пористый материал с оптическим

эффектом, характерным для благородного опала. Плотность его $2,5 \text{ г/см}^3$, показатель преломления $1,52-1,53$, твердость $5,5-6,5$. Он легко разрезался и полировался. Впервые синтетические опалы на кремнеземной связке (самые близкие к природным опалам) получены в 1972 г. П. Жильсоном по методу, предложенному А. Гаскиным, П. Даррахом и Дж. Пердиксом. Они почти неотличимы от природных. Цвет опалов Жильсона молочный и черный. Опалесценция и ее рисунок также близки к природным. Плотность $2,03 \text{ г/см}^3$, показатель преломления $1,44$, твердость $4,5$ (несколько ниже, чем у природного опала). Синтетические опалы в отличие от природных легко прилипают к языку.

К диагностическим признакам синтетических опалов можно отнести:

1) их равномернозернистую мозаичную структуру, наблюдаемую в горизонтальной плоскости, и столбчатую, волокнистую — в вертикальном разрезе;

2) зональное строение цветowych участков.

Синтетические опалы отличаются от природных упаковкой частиц, которую можно установить при электронно-микроскопических исследованиях. Синтетические опалы выращивают и в Советском Союзе [8].

Гранаты

Гранаты — весьма распространенные и популярные ювелирные камни. Огненно-красный пироп, глубокий красный и красно-фиолетовый альмандин, зеленый демантоид, изумрудно-зеленый уваровит, коричнево-красный гессонит и ряд других сверкали в украшениях (рис. 37).

Персы считали эти камни королевскими; на поверхности граната вырезали профиль властелина. Гранату приписывали различные магические свойства, его носили в качестве амулета, предохраняющего от несчастных случаев во время путешествия, им лечили лихорадку и желтуху.

По форме кристаллы граната напоминают зерна, отсюда и название — гранат (от лат. *granatus* — подобный зернам). Употребляют и старое русское название — "вениса". Встречаются гранаты в природе очень часто, однако образцы хорошего качества и прозрачности довольно редки.

По химическому составу и структуре гранаты относятся к островным силикатам с общей формулой $R_2^{2+}R_3^{3+}[\text{SiO}_4]_3$, где R^{2+} — Ca, Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , а R^{3+} — Al, Fe^{3+} , Cr, реже Ti и V. Все гранаты разделяют на две подгруппы (А. Винчелл и В. Винчелл, 1953 г.): железо-магнезиально-марганцевые пиральспиты — пироп, альмандин, спессартин и кальциевые уграндиты — уваровит, гроссуляр, андрадит. Внутри подгрупп наблюдаются широкие изоморфные замещения, тогда как между подгруппами изоморфизм проявлен ограниченно. Гранаты относятся к кубической сингонии, гексаоктаэдрическому виду симметрии. Очень часто они образуют совершенные кристаллы в форме ромбододекаэдров, тетрагонтриоктаэдров или их комбинаций.

Характеристика свойств гранатов приведена в табл. 15.

ТАБЛИЦА 15

Физические свойства гранатов

Название	Формула	Цвет	Показатель преломления	Дисперсия	Плотность, г/см ³	Твердость, по шкале Мооса
Пироп:	$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	Красный, фиолетово-красный, оранжево-розовый, с александритовым эффектом	1,705–1,785	0,022	3,65–3,87	7–7,5
родолит		Розовый	1,745–1,761		3,83–3,93	
Альмандин	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	Малиново- и коричнево-красный, красный	1,780–1,810	0,024	3,95–4,20	7,5
Спессартин	$Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	Оранжевый, оранжево-красный, розовый	1,790–1,820	0,027	4,12–4,20	7–7,5
Уваровит	$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$	Изумрудно-зеленый	1,740–1,870	0,026	3,40–3,80	7,5
Гроссуляр:	$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	Зеленый, розовый	1,738–1,745	0,027	3,60–3,65	7–7,5
гессонит		Медово-оранжевый, желтый, коричневый	1,742–1,748		3,50–3,75	
лейкогранат		Бесцветный	1,737		3,506	
тсаворит		Бесцветный, бледно-зеленый	1,731–1,732		3,62	
Андрадит	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	Красный, черный	1,895		3,75	
демантоид		Светло-зеленый, зеленый	1,888–1,889	0,057	3,82–3,85	6,5–7
топазолит		Желтый	1,840–1,890		3,75–3,85	6,5–7
меланит (шорломит)		Черный				



Рис. 37. Гранаты ограненные

Пироп

Название этого одного из наиболее известных и красивых гранатов происходит от греч. *πύρρος* (пиропос) — подобный огню. Действительно, наиболее часто встречается ярко-красный пироп. Известны также такие названия пиропа, как карбункул, богемский, капский, аризонский, колорадский, американский рубины, эли-рубин, канди-шпинель. Разновидность пиропа розового цвета названа родолитом (от греч. *ῥόδον* (родон) — роза, т.е. камень цвета розы).

Пироп является магниальным гранатом — $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Однако чистая магниальная разновидность встречается чрезвычайно редко. Гораздо чаще в пиропах присутствуют кальций, двух- и трехвалентное железо, трехвалентный хром, чем объясняется тот или иной цвет пиропа. Чистый пироп бесцветен, но так как в нем практически постоянно присутствуют хром и железо, то пиропы обычно имеют розовую, оранжево-красную, красную, малиновую, вишневую, красновато-фиолетовую окраску. Иногда наблюдаются пиропы с александритовым эффектом, имеющие зеленый, сиреневый, голубой цвет при дневном освещении и лиловый, малиновый, фиолетовый при искусственном освещении (например, из кимберлитовых трубок Якутии).

А.Н. Платонов, С.В. Грум-Гржимайло, М.А. Гневушев и др. установили, что интенсивно окрашенные пиропы имеют спектры поглощения, ха-

характеризующиеся двумя отчетливыми полосами поглощения в видимой области, что объясняется влиянием иона Cr^{3+} ; окраска пиропов зависит также от присутствия Fe^{2+} и Fe^{3+} . Если максимум поглощения в длинноволновой области спектра больше, чем в коротковолновой, то цвет пиропы лиловый, фиолетовый или малиновый. У кроваво-красных и багровых пиропов более интенсивны максимумы поглощения в коротковолновой области спектра. В пиробах, содержащих хром и кальций, появляется александритовый эффект, связанный с составом спектра падающего света: днем они зеленые, голубые и сиреневые, а при электрическом освещении фиолетовые, малиновые и красные, так как электрический свет гораздо беднее зеленой составляющей. Другой тип пиропов с александритовым эффектом описал Г. Банк [4]. Это гранат, содержащий некоторое количество спессартиновой молекулы, при различном освещении приобретает голубовато-зеленовато-коричневую и розово-фиолетовую окраски.

Оранжево-красные и розовые гранаты характеризуются серией узких максимумов поглощения в коротко-средневолновой видимой области спектра, что связано с наличием ионов Fe^{2+} в позициях с восьмерной координацией в структуре граната; определенное влияние на такую окраску оказывает и Fe^{3+} в октаэдрических позициях. Родолиты могут рассматриваться как железистая разновидность пироба.

Встречается пироб обычно в виде округлых зерен, реже в виде правильных, хорошо образованных кристаллов размером от долей до 10 мм. Крупные пиробы чрезвычайно редки. В г. Дрездене в музее "Зеленый свод" хранятся уникальные пиробы из россыпей Среднечешских гор — один массой 633,4 кар, другой размером с голубиное яйцо. Множество крупных пиропов хорошего красного цвета находятся в Музее истории искусств в Вене.

Родолит встречается в виде хорошо образованных кристаллов размером до 2 см. Известен крупный родолит из шт. Северная Каролина (США) массой 43,3 кар (в ограненном виде около 14 кар).

Твердость пироба 7–7,5. Плотность и показатели преломления варьируют в зависимости от состава в пределах: плотность 3,65–3,87 г/см³, показатель преломления 1,705–1,785. Дисперсия 0,022. Плотность родолита 3,83–3,93, показатель преломления 1,745–1,761.

В пиробах наблюдаются включения рутила, роговой обманки, циркона, хромдиопсида, магнетита и ряда других минералов, имеющих диагностическое значение.

Месторождения пироба связаны с магматическими ультраосновными породами (кимберлитами, гранатовыми перидотитами и пироксенитами), базальтовыми брекчиями, а также аллювиальными и элювиально-делювиальными россыпями, связанными с вышеуказанными коренными месторождениями (Е.Я. Киевленко, 1980 г.). Основным источником добычи пироба — элювиально-делювиальные россыпи базальтовых эруптивных брекчий, которые также разрабатываются. Такого типа месторождения известны в Среднечешских горах, являющихся основным источником пироба, начиная с XIII в. Пироб встречается там в вулканических трубках ("Лингорка", "Холм Бота" ("Гранатовый холм") и др.), которые, по мнению ряда исследователей (Л. Сикора, 1952 г., В.С. Трофимов, 1966 г.,

Е.В. Францессон, 1968 г.), представляют собой разновидность диатрем, связанных с щелочобазальтовым магматизмом. При разрушении вулканических брекчий трубок образовались "пиропоносные галечники", относимые к элювиально-делювиальному типу россыпей.

Чешские пиропы отличаются красивым густым красным цветом с кровавым или винно-красным оттенком. Выход ювелирного сырья в россыпях около 40 %.

Пиропы из россыпей Среднечешских гор долгое время не имели конкурентов на мировом рынке. Особого расцвета добыча и гранильное производство достигли в XIX в. Значение чешских гранатов несколько уменьшилось после того, как стали добывать пиропы из южноафриканских алмазонасных кимберлитовых трубок ("Де-Бирс", "Кимберли" и др.), а затем из элювиальных и элювиально-делювиальных россыпей кимберлитовых трубок "Премьер", "Робертс-Виктор", "Бакванга", аллювиальных россыпей р. Вааль. Южноафриканские пиропы отличаются красивым цветом (из трубки "Де-Бирс", россыпей р. Вааль) и значительной крупностью (из россыпи р. Вааль).

Известны пиропы и в Танзании. Красивые пиропы обнаружены также в США (штаты Аризона, Колорадо, Юта, Нью-Мексико, Арканзас), Бразилии, Аргентине, Австралии, Норвегии.

В некоторых кимберлитовых трубках Якутии ("Мир", "Удачная" и др.) также найдены ювелирные пиропы. Гранат встречается в кимберлитах, а также в ксенолитах оливинсодержащих и безоливиновых ультрабазитов, эклогитов, эклогитоподобных пород и кристаллических сланцев, среди которых особенно перспективны гранаты ксенодитов, оливинсодержащих ультрабазитов и гранаты основной массы кимберлитов, идентичные по свойствам и составу гранатам таких ксенолитов (Е.Е. Лазько, 1980 г.). Эти гранаты характеризуются хорошей сохранностью. Цвет их красно-фиолетовый и малиновый, размер, как правило, 1—2 мм в поперечнике. Следует использовать и оранжево-желтые гранаты из эклогитов. Пиропы присутствуют и в аллювиальных россыпях пиропсодержащих алмазонасных трубок Якутии. Попутное при добыче алмазов извлечение пиропы открывает перспективы для ювелирной промышленности. Якутские пиропы вполне соответствуют техническим требованиям, согласно которым ювелирным сырьем могут считаться пиропы красного, темно-красного, лилово-красного цвета, с равномерной интенсивной окраской с размером зерен 5 × 5 × 5 мм — I сорт или 4 × 4 × 4 мм — II сорт [18].

Месторождения родолита связаны с метаморфическими гиперстеновыми гнейсами, в которых он встречается в виде вкрапленников. Таковы месторождения в США (шт. Северная Каролина), которые в основном уже были отработаны в начале XIX в. Ювелирный родолит добывали попутно с абразивными гранатами.

Встречается родолит в Танзании, Зимбабве, Демократической Республике Мадагаскар, Шри-Ланке.

Диагностировать обработанные пиропы нетрудно, но порой их можно принять за другие красные камни: рубин, шпинель, турмалин, различные синтетические материалы.

Альмандин — наиболее распространенный ювелирный гранат. Название его связано с несколько искаженным названием местности Алабанда в Малой Азии, где в давние времена обрабатывали ювелирные камни. Плиний Старший называет альмандин "алабандской венисой". Известны и другие названия альмандин: карбункул (так называли и пиропы), антракс, карфукельштейн, восточный гранат, сириамский гранат (Сириам — столица древнего королевства Пегу, находившегося на территории современной Бирмы), благородный гранат и др.

Фиолетово-красные альмандины называют сериямом, красные, "цвета бургундского вина" — драгоценным (благородным) гранатом, красные с коричневым оттенком — фалумом, густо-красные, почти черные — обыкновенным гранатом. Чистые альмандины состава $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ встречаются редко, чаще всего в них присутствует пироповая составляющая, а также примеси Fe^{3+} , Са и др.

В спектрах поглощения альмандин в видимой области наблюдаются полосы поглощения, соответствующие длинам волн 617, 576, 527, 505, 476, 462, 438, 428, 404, 393 нм.

Альмандин обычно встречается в виде хорошо образованных кристаллов — ромбододекаэдров, тригонтриоктаэдров, часто со штриховкой на гранях. Размер кристаллов от долей до нескольких десятков сантиметров, но кристаллы ювелирного качества обычно небольшие — 5–6 мм, более крупные кристаллы редки.

В нашей стране по техническим требованиям применяют в качестве ювелирного сырья альмандины красного, оранжевого, вишневого цвета, с равномерной окраской различной интенсивности, размером кристаллов 5 × 5 × 5 мм — I сорт и 4 × 4 × 4 мм — II сорт [18].

Твердость альмандин 7,5. Плотность 3,95–4,20 г/см³. Показатель преломления 1,78–1,81. Дисперсия 0,024.

Месторождения альмандин приурочены прежде всего к аллювиальным, элювиальным и в меньшей степени к прибрежно-морским россыпям, связанным с размытием метаморфических пород — кристаллических сланцев и гнейсов альмандин-амфиболитовой фации, микроклиновых мусковит-берилловых пегматитов и эффузивов среднего и кислого состава.

Лучшие альмандины издавна известны в Шри-Ланке. Хорошие камни поставляют Индия, Бразилия. Встречаются альмандины в США (Аляска, Форт-Врангель, штаты Колорадо, Южная Дакота, Мичиган, Нью-Йорк, Пенсильвания, Коннектикут, Мэн, Калифорния), Канаде, Австрии, Японии, Демократической Республике Мадагаскар, Танзании, Замбии.

В СССР альмандины известны еще с XVIII в. — на Кольском полуострове, в Карелии, на Южном Урале, в Восточной Сибири (по р. Маме). Наиболее крупные месторождения — Кительское (на берегу Ладожского озера) и Чупинское.

В ювелирных изделиях используются альмандины, обработанные различным образом — гранями, кабошоном, шлифованные; очень распространена древняя форма огранки драгоценных камней — в виде блюдечка, что увеличивает прозрачность камня.

Стоимость альмандинов хорошего цвета и качества выше, чем пиропов. При диагностике следует помнить, что альмандин похож на пироп, рубин и шпинель.

Спессартин

Спессартин — довольно распространенный минерал пегматитов, однако его ювелирные разновидности встречаются редко, чаще это сильнотрещиноватые, малопрозрачные кристаллы, непригодные для ювелирных целей. Назван по местности Шпессарт в Баварии, где он был впервые обнаружен. Выделяют разновидность спессартина — эспессандит, содержащий альмандиновую составляющую.

По составу это силикат марганца и алюминия — $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$, в котором часто присутствуют различные изоморфные замещения, прежде всего марганца двухвалентным, а алюминия — трехвалентным железом.

Размеры кристаллов спессартина ювелирного качества незначительны. В Бразилии и на о. Мадагаскар обнаружены уникальные образцы спессартина массой более 100 кар. В Смитсоновском институте хранятся спессартин из Бразилии массой 109 и 53,8 кар и из США (шт. Виргиния) — 40,1 кар, а в Американском музее натуральной истории — массой 96 кар. Красивый спессартин массой 12,01 кар экспонируется в Геологическом музее Лондона [43].

Красота спессартинов определяется прежде всего их цветом: оранжевым, красно-оранжевым, желто-коричневым. Окраска эспессандита более густая, в красных тонах. Цвет спессартина зависит от присутствия в нем марганца и примеси железа.

В спектрах поглощения спессартина наблюдаются линии поглощения: 495, 484, 481, 475, 462, 457, 455, 440, 435, 432, 424, 412, 406, 394 нм. Твердость его 7—7,5, плотность 4,12—4,20 г/см³, показатель преломления 1,790—1,820, дисперсия 0,027. В спессартине довольно часто наблюдаются жидкие включения.

Спессартин ювелирного качества встречается в Шри-Ланке, Бразилии (шт. Минас-Жерайс), США, Демократической Республике Мадагаскар, Норвегии, Швеции, Мексике, Италии, СССР. Самостоятельных месторождений он не образует. Извлекают красивые кристаллы спессартина попутно при разработке в основном редкометалльных пегматитов.

Гранят спессартин в соответствии с качеством, цветом и прозрачностью исходного материала. При диагностике его следует отличать от гессонита, циркона, сфена, турмалина, цитрина, берилла, синтетического корунда, фианита или ИАГа и стекла.

Уваровит

Уваровит — один из красивейших гранатов, встречается очень редко. Назван по имени одного из президентов Российской Академии наук —

графа С.С. Уварова. Изумрудно-зеленый цвет его объясняется присутствием Cr^{3+} в шестерной координации, который входит в состав минерала — $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$.

Обычно встречается в виде мелкозернистых агрегатов и щеток, кристаллы в которых не превышают 2–3 мм, чаще до 1 мм. Более крупные кристаллы встречаются очень редко. Так, кристаллы размером до 1,5 см обнаружены в Финляндии.

Твердость уваровита 7,5; плотность 3,4–3,8 г/см³; показатель преломления 1,74–1,87; дисперсия 0,026.

Впервые уваровит был обнаружен в середине XIX в. на Урале в трещинах хромистого железняка Сарановского рудника, позже — на Билимбаевском месторождении. Местонахождение и цвет уваровита обусловили еще одно его название — уральский изумруд. В настоящее время уваровит найден в США (шт. Орегон), Канаде, Финляндии, Норвегии, ЮАР.

Небольшие размеры кристаллов обуславливают его применение: в виде щеток и мелких кристаллов он используется в брошках, кольцах, браслетах.

Гроссуляр

Гроссуляр — $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, камень зеленого цвета, редко прозрачен. Название получил от лат. *grossularia* — цвет крыжовника. Как правило, в качестве ювелирного камня не используется. В 1968 г. в Танзании и Кении обнаружена ювелирная разность бесцветного и бледно-зеленого ванадиевого гроссуляра — тсаворит (показатель преломления 1,731–1,732, плотность 3,62 г/см³, в ультрафиолетовых лучах иногда люминесцирует золотисто-желтым, желтым, оранжевым светом). Бесцветные гроссуляры — лейкогранаты (бесцветные гранаты) известны в Канаде, Мексике и США (шт. Калифорния). Их показатель преломления 1,737, плотность 3,506 г/см³.

Гораздо позже была открыта еще одна разновидность гроссуляра — гессонит, или "коричный камень" (по цвету корицы). Цвет его медово-желтый, коричневый. Название получил от греч. *γῆσσον* (гэссон) — меньший, слабее; уступает по твердости циркону и гиацинту, на которые он похож. Гессонит известен давно. В музеях Советского Союза хранится много старинных ювелирных изделий, окладов икон и других предметов церковной утвари с прекрасными гессонитами.

Твердость гессонита 7–7,5 по шкале Мооса, плотность 3,50–3,75 г/см³, показатель преломления 1,742–1,748. Встречается в известковых скалах и связанных с ними россыпями. Самые лучшие гессониты поступают из комплексных россыпей о. Шри-Ланка, где, как считают геологи, слой, содержащий ювелирные камни (рубины, сапфиры, шпинели, александриты, цимофаны, цирконы, гранаты, турмалины и др.), составляет 9/10 всей территории острова. Цвет гессонитов из этих россыпей оранжевый, красный, красно-оранжевый и коричневый. Кроме того, гессонит встречался в Альпах, на Урале (Ахматовские копи) и в других местах.

В 1979 г. в Танзании было открыто крупное месторождение граната

"малайя" (в переводе — находящийся вне семьи) — интенсивного коричневого цвета, иногда бледно-розового (лососевого). Кристаллы довольно крупные, в среднем 5 кар; камни массой более 10 кар встречаются редко. Масса самого крупного из найденных здесь камней 49,62 кар. Розовыйgrossуляр — ландерит, или ксалостоцит, или розолит, встречен в мраморах Мексики.

Наряду с прозрачными разновидностями grossуляра в ювелирном деле в качестве ювелирно-поделочного камня используют grossуляр, содержащий гидроксил, — гидроgrossуляр, или трансваальский жад, который часто образует массивные зеленые, белые и розовые породы. Зеленый цвет породы связан с присутствием хрома, а розовый — марганца. Плотность трансваальского жада 3,45—3,56 г/см³, показатель преломления 1,70—1,74, твердость 6,5—7,5 по шкале Мооса. В рентгеновских лучах часто наблюдается желто-зеленая люминесценция. Встречается трансваальский жад в ЮАР, Новой Зеландии, Пакистане. В СССР проявления гидроgrossуляровых пород известны в Казахстане, Восточной Сибири и других районах.

Из гидроgrossуляра изготавливают различные ювелирные изделия — бусы, браслеты, броши.

При диагностике следует его отличать от нефрита и жадеита.

Андрадит

Минерал андрадит — $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ назван так в честь португальского минералога д'Андрада. Собственно андрадит, как правило, не представляет интереса как ювелирное сырье, но большое значение имеют некоторые разновидности андрадита: прежде всего демантоид, а также топазолит и меланит (шорломит).

Демантоид — самый ценный ювелирный камень группы граната. Это редкая прозрачная разновидность андрадита — $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$, в составе которой часто возможны изоморфные замещения кальция магнием или марганцем, а трехвалентного железа — алюминием и хромом.

Демантоид был найден в 1868 г. Н. Норденшильдом в золотоносных россыпях около Нижне-Тагильского завода на Урале и описан в 1871 г. П. Еремеевым.

Название (нем. Diamant — алмаз) получил из-за сильной игры и блеска, которые особенно проявляются в ограненных камнях. Ювелиры иногда его называли уральским или сибирским хризолитом, уральским или бобровским изумрудом (по названию р. Бобровки, в отложениях которой встречался демантоид).

Демантоид на Урале добывали до 20-х гг. XX в., в основном старательские артели. В конце XIX — начале XX в. демантоид был одним из основных экспортируемых ювелирных камней. В настоящее время геологоразведочные работы на Среднем Урале возобновились. Демантоид встречен также на Чукотке.

Красивые прозрачные кристаллы демантоида обнаружены в Италии в долине Ала (итальянские горняки иногда называют их "семенами асбе-

ста”), в золотоносных россыпях о. Шри-Ланка, в Конго, Заире, Швейцарии (Церматте), Венгрии, США (шт. Аризона). Они связаны с серпентинизированными ультраосновными породами.

Во всех указанных местах демантоид представлен в основном мелкими округлыми и овальными зернами размером от долей миллиметра до 10 см, более крупные камни встречаются чрезвычайно редко. Так, в прошлом веке на Урале найдены камни массой 252,5 кар (50,5 г) и 149 кар (29,8 г). В частных коллекциях и в музеях хранятся камни массой до 10–15 кар.

Окраска демантоида зеленая с желтоватым, фисташковым, изумрудным и коричневым оттенками. Цвет в основном объясняется вхождением в структуру демантоида железа, в ярко-зеленых камнях отмечено присутствие хрома (Cr_2O_3 до 0,29 %). В спектрах поглощения наблюдаются следующие линии поглощения: 701, 693, 640, 622, 485, 464, 443 нм. Известны отдельные находки демантоида с эффектом “кошачьего глаза”. Твердость демантоида 6,5–7. (Это самый мягкий гранат, низкая твердость и хрупкость камня несколько снижают его ценность). Плотность 3,82–3,85 г/см³. Блеск алмазный. Показатель преломления 1,888–1,889. Дисперсия высокая (0,057), что обуславливает его сильную “игру”. Люминесценция в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах отсутствует.

Под фильтром Челси ярко-зеленые камни приобретают красный цвет, что служит их признаком отличия. Особенно важный диагностический признак – постоянное (в 99 %) присутствие в демантоидах включений волокнистого актинолитового асбеста – биссолита. Волокна биссолита располагаются параллельно друг другу, образуя “солнце”, или расходятся пучками из одного или нескольких центров в виде так называемых “конских хвостов”.

Форма огранки демантоида – бриллиантовая, что наиболее ярко выявляет его “игру”, реже ступенчатая. Камни с дефектами обрабатывают в виде кабошонов. Согласно техническим требованиям, в качестве ювелирного сырья применяют зеленый, травяно-зеленый демантоид; для высшего сорта размер зерен 3 × 3 × 3 мм, для I сорта – 1,5 × 1,5 × 1,5 мм, а также светло- и золотисто-зеленый: для II сорта размер зерен 3 × 3 × 3 мм, для III сорта – 1,5 × 1,5 × 1,5 мм [18]. Демантоид рекомендуют использовать для изготовления подвесок и ожерелий, так как для колец у него низкая твердость. Демантоиды не всегда пользуются спросом на мировом рынке, однако в конце XIX в. они были в большой моде во Франции.

При идентификации следует помнить о дисперсии (“игре”) демантоида, наличии включений биссолита, линии поглощения в видимом диапазоне и др. Демантоид можно принять прежде всего за хризолит, в меньшей степени он похож на изумруд.

Топазолит – прозрачная разновидность андрадита желтого, лимонно-, золотисто- или медово-желтого цвета. Похож на желтый топаз, отсюда и его название.

Топазолит встречается чрезвычайно редко в виде отдельных мелких зерен (обработанные камни массой 2–3 кар считаются уникальными). Известен в Швейцарии и Италии. Твердость 6,5–7. Плотность 3,75–3,85 г/см³. Показатель преломления 1,84–1,89.

Имеет чисто минералогическое значение.

Меланит (от греч. "мелас" — черный), или шорломит, — разновидность андрадита черного цвета, содержащая титан. Известен в Италии, США (шт. Колорадо), ФРГ, Франции.

Иногда используется в траурных церемониальных ювелирных изделиях.

Шпинель

Шпинель — один из драгоценных камней, известных с глубокой древности. Название дано по его остроконечной октаэдрической форме (лат. *Spinell* — шип) или из-за прекрасного блеска и "игры" камня (греч. *σπινθηξ* (спинтэс) — искра). В древности шпинель относили к карбункулам (рубинам). Агрикола писал: "Если карбункул обнаруживает великолепный красный цвет и превосходный блеск, его называют шпинелью".

На территории СССР на Памире есть гора Лал. По имеющимся данным, здесь в середине IX в. добывали "бадахшанский лал" (древнее название шпинели). Об этих старинных "рубиновых копиях" упоминал в XIII в. Марко Поло, который писал, что этот красивый камень "балаш" добывали в районе Бадахшана. А.Е. Ферсман пишет: "На правом берегу бурного Пянджа, в известковой скале Кух-и-лал, далеко и высоко в отрогах Памира находятся старинные "рубиновые копи". Здесь в темных и низких подземных ходах добывался красный камень и слава его широко разливалась по всему Востоку...".

В старинных русских описях и торговых книгах шпинель называли лалом, очевидно, за алый цвет. По преданию, именно лал первоначально украшал шапку Мономаха. В "Изборнике Святослава" приведены сведения о "медицинских" свойствах шпинели: "тело человеческое во здравие от всяких болезней устраняет...". Если положить кристалл лала в рот, то он утолит жажду.

Химическая формула шпинели — $MgAl_2O_4$ (MgO 28,2 %, Al_2O_3 71,8 %). Магний может частично или полностью замещаться цинком, железом или марганцем, а алюминий — железом, марганцем или хромом. В зависимости от состава шпинели изменяются ее цвет, показатель преломления и плотность. Чаще всего шпинель красных, розовых или оранжевых тонов (рис. 38), реже синего, фиолетового, зеленого, коричневого и черного цвета (табл. 16).

Шпинель кристаллизуется в кубической сингонии, гексооктаэдрическом виде симметрии. Кристаллы имеют вид правильных октаэдров, встречаются двойники, сросшиеся по плоскости октаэдра — по шпинелевому закону. Твердость 8—8,25 по шкале Мооса. Для шпинели характерен яркий стеклянный блеск, раковистый излом и отсутствие спайности. Дисперсия около 0,020. Показатель преломления благородной шпинели 1,712—1,747 в зависимости от особенностей химического состава. Соответственно и плотность камня также изменяется — 3,58—3,61 г/см³. Шпинель оптически изотропна.

Очень часто в спектрах поглощения красной шпинели выпадают зеле-

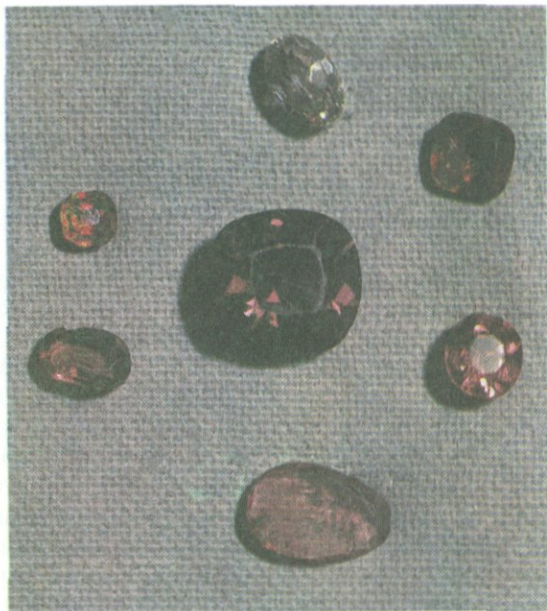


Рис. 38. Шпинель красная

ная и желтая части спектра. Интенсивность полос поглощения зависит от густоты цвета шпинели, у розовых камней она слабее. Красная шпинель может люминесцировать в ультрафиолетовом свете ярким малиновым цветом. Примесными центрами, обуславливающими люминесценцию, являются ионы Cr^{3+} . Синие и фиолетовые разности иногда люминесцируют зеленым цветом в ультрафиолетовых лучах, лиловые — оранжевым.

Шпинель довольно хрупкая, поэтому при ее обработке необходимо соблюдать осторожность. Чаще всего ей придают бриллиантовую или ступенчатую огранку. Иногда в отдельных кристаллах наблюдается астеризм (в виде четырехлучевой звезды), что вызвано закономерным ориентированием включений игл рутила или сфена. Такие кристаллы гранят в форме кабошона.

Как самостоятельный минерал шпинель стали классифицировать только 150 лет тому назад. До этого времени ее относили к рубинам. Поэтому розово-красную шпинель называли "рубин-балэ". Фиолетовые разности ошибочно именовали "восточным аметистом", а синие — "сапфир-шпинелью". Шпинелью иногда называют и совершенно другие камни (например, гранаты красного цвета — аризонской или канди-шпинелью).

Кристаллы обычно невелики и не превышают 10–12 кар. Однако иногда встречаются и крупные кристаллы. Так, в Алмазном фонде СССР экспонируется императорская корона, изготовленная Иеремием Позье — придворным ювелиром Екатерины II. Навершие короны украшено огромной (398,72 кар) темно-красной шпинелью, на которой укреплен брилли-

Основные свойства шпинели

Название	Формула	Цвет	Показатель преломления	Плотность, г/см ³
Шпинель	$MgAl_2O_4$	Различный, с красными, оранжевыми и розовыми оттенками	1,719	3,55–3,63
Ганит	$ZnAl_2O_4$	Темно-зеленый	1,805	4,0–4,62
Ганошпинель	$(Mg, Zn)Al_2O_4$	Синий, темно-синий	1,72–1,75	3,58–4,06
Герценит	$FeAl_2O_4$	Черный, коричневый	1,835	4,40
Цейлонит	$(Mg, Fe)Al_2O_4$	Темный	1,77	3,63–3,90
Пикотит	$Fe(Al, Cr)_2O_4$	Темно-зеленый	—	4,42
Рубицелл	$Fe(Al, Cr)_2O_4$	Желтый	1,72	4,20
Галаксит	$MnAl_2O_4$	Темно-красный	1,92	4,04

антовый крест. Эта шпинель — одна из семи самых знаменитых исторических камней Алмазного фонда СССР. Ее приобрел русский посол в Пекине Н. Спафарий для Алексея Михайловича. В Алмазном фонде СССР хранятся еще две крупные шпинели в золотой оправе: масса одной 100 кар, другой 56 кар.

Две знаменитые шпинели вставлены в британскую корону: "Рубин Черного принца" (просто отполированный без огранки камень длиной 5 см) и "Рубин Тимура" (361 кар, с вырезанными на камне именами его владельцев; одним из первых этим камнем владел Тамерлан, отсюда и его название).

В Тегеране среди сокровищ иранского шаха хранились две крупные шпинели красного цвета — приблизительно массой 500 и 225 кар. В Смитсоновском институте в Вашингтоне (США) находится несколько крупных ограненных образцов шпинели: цейлонские пурпурная (45,8 кар) и фиолетовая (29,7 кар), бирманские индиговая (36,1 кар) и красная (34 кар). В Британском Музее естественной истории экспонируются два красных деформированных кристалла в форме кривогранного октаэдра массой 520 и 355 кар. В Лувре хранится ограненная шпинель красивого красного цвета массой 105 кар, а в Музее естественной истории в Нью-Йорке выставлена красная шпинель с о. Шри-Ланка массой 71,5 кар.

Происхождение шпинели контактово-метасоматическое; обычно этот минерал встречается в мраморизованных известняках и доломитах, на которые воздействовали магматические эманации. Изредка шпинель находят в кристаллических сланцах и гнейсах, а также в ультраосновных породах.

Главные месторождения шпинели сосредоточены в Бирме (Могокский район), на о. Шри-Ланка (около г. Ратнапур), в Кампучии и в Таиланде. На

о. Шри-Ланка добывают красивые фиолетовые и синие камни, а также шпинель черного цвета — плеонаст, или цейлонит, в Бирме, Кампучии и Таиланде — красную шпинель. В СССР известно месторождение шпинели Кухилал на Памире.

Топаз

Плиний Старший пишет, что название камня связано с о. Топазос, расположенным в Красном море (по Р. Вебстеру, это о. Зебергед). Существует еще одно предположение, согласно которому название минерала произошло от санскрит. *taras* — огонь. В России топазы известны с XVIII в. и называли их "сибирскими алмазами". В конце XVIII в. топазы стали добывать и обрабатывать на Урале, где их за высокую плотность называли "тяжеловесами". По утверждению А.Е. Ферсмана, к топазу, или тумпазу, относили также горный хрусталь и дымчатый кварц, который называли дымчатый топаз (раухтопаз).

На мировой рынок топазы поступали под различными названиями: саксонскими хризолитами называли зеленоватые, а саксонскими топазами — винно-желтые камни из Шнекенштейна (Саксонские Вогеzy), бразильскими рубинами — красные бразильские топазы с природной и с искусственной окраской, индийскими топазами — камни с о. Шри-Ланка.

Топаз (рис. 39) издавна привлекал внимание людей, прежде всего как ювелирный камень. Он характеризуется особой внутренней игрой света, блеском, небесной голубизной, золотистым цветом солнца, искрящимися оттенками вин, легкостью и прозрачностью капель утренней росы. Из старинных украшений всемирную известность приобрело шейное украшение из замечательных топазов — "Убор Гизеллы", которое относят к X в.

В Алмазном фонде СССР хранится старинный испанский орден "Золотое руно" (рис. 40). Верхняя часть его состоит из пяти крупных ограненных овальных бразильских топазов. Размер камней $3,3 \times 2,4 - 1,4 \times 1,1$ см, цвет нежный розовато-лиловый. Сохранилось описание царской короны Ирины Годуновой (XVII в.), среди драгоценных камней которой были крупные топазы.

В древности топазу приписывали магическую силу. В Ассирии, Вавилоне и Египте топаз был символом одного из знаков Зодиака — Скорпиона. Считалось, что люди, носящие топаз, всегда становятся честными, порядочными и великодушными. В более поздние времена бытовало мнение, что топаз умиротворяет морские бури.

На Урале в районе Угалинских озер на одной из древнейших стоянок первобытного человека ("Малые Угалы II") были обнаружены изделия из хрусталя и топаза — нуклеусы, представляющие собой тонкие узкие пластинки в виде лезвий. Предполагается, что их использовали и в хозяйстве, и в ритуальных обрядах, а возможно, и как украшения.

Химический состав топаза отвечает формуле $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$. Отношение F : OH в топазах варьирует и в наиболее богатых гидроксидом разностях обычно равно 3 : 1. Теоретический состав топазов, не содержащих гидроксидов, следующий (в %): Al_2O_3 55,4, SiO_2 32,6, F 20,7. В качестве примесей встречаются K, Na, Ca, Mg, Fe, Cr, Ti, V, Ge.



Рис. 39. Топазы ограненные

Топаз относится к островным силикатам. Он кристаллизуется в ромбической сингонии, в ромбодипирамидальном виде симметрии. Кристаллическая структура его построена изолированными кремнекислородными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]$, между которыми располагаются ионы алюминия, находящиеся в окружении четырех ионов кислорода и двух ионов фтора или гидроксила.

Облик кристаллов призматический, обусловлен кристаллической структурой — наличием цепи октаэдров Al и тетраэдров $[\text{SiO}_4]$, проходящей параллельно оси Z. Отмечается более 140 простых форм, из них самые распространенные: призмы $\{110\}$, $\{120\}$, $\{121\}$, $\{041\}$, дипирамиды $\{111\}$ и $\{223\}$, пинакоид $\{001\}$ и др.

Среди месторождений СССР выделяются несколько типов кристаллов топаза:

1) мурзинский — кристаллы почти изометрической формы с сильно развитым пинакоидом $\{001\}$ и хорошо развитой призмой $\{120\}$, с другими более редкими и слабо развитыми формами;

2) ильменский — бочонковидные кристаллы; пинакоид сильно сужен рядами дипирамид $\{223\}$ и $\{112\}$, из призм преобладает $\{110\}$;

3) шерловогорский — с сильно развитыми призмами $\{110\}$, $\{120\}$, $\{130\}$, отчетливо выраженным диздром $\{011\}$ и отсутствием пинакоида;

4) коростенский — кристаллы с хорошо развитыми призмами $\{110\}$ и $\{120\}$ и отсутствием пинакоида.

Кристаллы топаза различных месторождений отличаются по своей



Рис. 40. Орден "Золотое руно" с лиловыми топазами

кристалломорфологии: эти отличия иногда проявляются даже на отдельных участках месторождений. Уральские топазы подробно описаны А.Е. Ферсманом [39].

Топазы Мурзинки редко бывают двухконечными, так как они обычно прикрепляются нижним концом к породе. Среди них выделяются четыре типа. К 1-му типу относится большинство крупных кристаллов, чаще всего синеватого цвета. Форма их почти кубическая, с сильно развитым базопинакоидом, почти квадратной призмой, сильно развитой домой и с другими более редкими и слабо развитыми формами. Кристаллы 2-го типа имеют гексагональный внешний облик, так как в них преобладают призмы, базопинакоид сильно сужен пирамидами основного ряда. Этот тип богат гранями и иногда сходен с ильменскими топазами. Топазы 3-го типа представляют собой как бы обсосанные кристаллы 2-го типа с сильно развитыми формами растворения. Обычно они прикреплены к породе боковыми гранями. Размер кристаллов небольшой, самые крупные — длиной не более 2 см; бесцветные. Кристаллы 4-го типа представляют собой видоизмененные кристаллы 1-го типа с преобладанием дома взамен базопинакоида. Они часто похожи на конверты; бесцветные или голубоватые, размер не более 2 см.

Топазы Шайтанки — Окуловой Ямы сходны с топазами Мурзинки, но отличаются развитыми боковыми домами и сильной "разъеденностью" некоторых кристаллов.

Ильменские топазы по внешним признакам делятся на два типа: "свободные" кристаллы, располагающиеся на поверхности пустот и трещин, и большие кристаллы ("сырцы"), находящиеся среди массы жильного кварца. Ильменские топазы характеризуются богатством форм и часто бочонковидным обликом.

Топазы Кочкарских россыпей по р. Санарке очень мало окатаны и по форме напоминают винно-желтые топазы Бразилии.

Габитус большинства кристаллов топазов Вольни призматический, часто они уплощены по двум взаимно параллельным граням призмы $\{110\}$. В вертикальном поясе кристаллов всегда присутствуют грани ромбических призм $\{110\}$, $\{120\}$, которые имеют значительное развитие и размеры. Грани остальных форм наблюдаются в виде узких полосок и в основном на мелких кристаллах. На головках кристаллов выявлены грани пинакоида $\{001\}$, ромбических призм $\{011\}$, $\{023\}$, $\{012\}$, $\{021\}$, $\{101\}$, $\{121\}$, $\{103\}$ и ромбических дипирамид $\{111\}$, $\{112\}$, $\{225\}$, $\{113\}$. Наиболее крупные грани $\{011\}$, $\{111\}$ и $\{112\}$ всегда присутствуют в кристаллах; грани $\{101\}$ и $\{021\}$ наблюдаются также почти во всех кристаллах, но их величина существенно колеблется. Грани остальных форм обычно небольшие и встречаются очень редко. Больше всего изменяются конфигурация и размеры граней пинакоида $\{001\}$.

В полевошпатовых зонах и зонах выщелачивания пегматитов Вольни кристаллы топазов имеют облик ильменского типа, а в зонорышевой области — ильменского, шерловогогорского или промежуточного типа. Нередко на гранях кристаллов наблюдаются скульптуры растворения в виде узких раковинобразных впадин, отрицательных тригональных пирамид, конусообразных фигур иногда веретенообразной формы, матировки и др.

Топазы Бразилии (Оуро-Прету и Сарамеа), Санарки (Урал) и Пакистана (Мардан-Катланд) отличаются простыми кристаллографическими формами, габитус их призматический, иногда пирамидальный с пинакоидом и без него. У бразильских кристаллов наблюдаются следы растворения, а также скелетные формы.

Топазы Шнеккенштейна (Саксонские Vogezы) обычно имеют коротко-призматический облик, одноконечные.

Топазы встречаются в виде монокристаллов, а также в виде друз или зернистых плотных агрегатов. Размер кристаллов топаза может быть самым разнообразным. Наиболее крупные кристаллы встречаются в пустотах, где масса их достигает десятков и даже сотен килограммов.

В 1965 г. в пегматитах Волыни был найден винно-желтый кристалл массой 117 кг (Ю.Г. Сорокин и др., 1967 г.), размером $82 \times 37 \times 35$ см. Он обнаружен с другими кристаллами (около 100 шт.), общей массой более 500 кг; там же находились и другие крупные кристаллы массой 110 и 116,4 кг, а топазов массой менее 1 кг было намного меньше. Окраска этого уникального кристалла неравномерная: центральная часть желтого цвета, периферическая — винно-желтого. Головка чистая, прозрачная, основание мутное из-за обилия включений. На кристалле развиты формы: {110} самые крупные {120}; на головке наиболее развиты {001}, {011}, {112}, {021}. К сожалению, кристалл не сохранился. В Музее земледелия МГУ находится еще один крупный волынский топаз массой 68 кг, найденный в 1952 г. Кристаллы массой несколько десятков килограммов встречаются довольно часто. Кристаллы топаза массой более ста килограммов отмечались и в Бразилии. В Норвегии был найден топаз массой 64 кг.

Наиболее крупные топазы Урала достигали 32 кг: в 1910—1911 гг. на р. Мокруше (Мурзинка) был добыт кристалл величиной до 53,3 см, массой 27,5 кг, представляющий собой обломок двухпудового кристалла [39]. Замечательны по размерам топазы Борщовочного кряжа. В 1840 г. в пегматитах "Дорогой утес" [36] обнаружен кристалл массой 13 кг, а в 1845 г. — 10,6 кг. На р. Урульге в 1859 г. найден кристалл массой 10,267 кг.

Известен бесцветный топаз необычайной красоты и чистоты массой 1680 кар. Он украшает португальскую корону "Браганца" и называется "Большой алмаз". Однако размеры ювелирных топазов, как правило, небольшие — не превышают первых сантиметров. Окраска топазов очень разнообразна: желтые, винно-, медово- и золотисто-желтые, голубые, синева-зеленые, розовые, красные, фиолетовые, зеленые и бесцветные. Обычно кристаллы прозрачны, иногда с облачным эффектом или эффектом "кошачьего глаза".

Бесцветные водяно-прозрачные топазы встречаются довольно редко. Это необычайно чистые уральские кристаллы Мурзинки и Ильменских гор, топазы Бразилии (Диамантина и Оуро-Прету), которые, из-за их чистоты называют "каплей воды", а также топазы Саксонских Vogezов (Шнеккенштейн), США (шт. Колорадо), Австралии, Шри-Ланки.

Среди голубых топазов следует отметить неповторимой красоты нежно-голубые топазы Мурзинки, иногда с зеленоватым или желтоватым оттенком; слабо-голубые и голубые топазы встречаются в Ильменских

горах, на Волыни, в Диамантине (Бразилия); голубые и голубовато-зеленые — в пегматитах шт. Нью-Гэмпшир (США), Японии, Австралии.

Голубая окраска топазов издавна вызывала интерес различных исследователей, причем интерпретация ее природы была также неодинаковой. На основании изучения спектров поглощения и термолуминесценции голубых топазов А.Н. Платонов [24] показал, что голубую окраску можно рассматривать как один из крайних случаев "дефектных" окрасок или даже как переходную к типичной идиохроматической вследствие проявления хромофорного действия примеси Ti^{3+} , способствующей возникновению дефектных центров окраски. Голубая окраска довольно устойчивая, однако при нагревании она может исчезнуть, что характерно для дефектных окрасок. При повторном облучении она не восстанавливается. Однако А.Е. Ферсман [39] пишет, что бледнеющие на солнце голубые топазы иногда восстанавливают тон в темноте. Часто голубая окраска наблюдается в зонально окрашенных кристаллах. Так, в некоторых топазах Волыни в плоскости симметрии, проходящей через оси Y и Z, отмечается светлая или голубоватая полоса на фоне розовой окраски. Иногда окраска резко изменяется от винно-красной до розовой, золотисто-желтой, бледно- и ярко-голубой, располагается зонально и создает непередаваемое сочетание оттенков предзакатного неба (Л.П. Чернышкова, 1952 г.). Границы между зонами могут быть прямолинейными, ориентированными параллельно граням призмы или расплывчатыми. Наблюдаются кристаллы с голубой или светлой окраской в центральной части, переходящей в розово-красную в периферических. В других кристаллах наблюдается обратная зональность: интенсивно-винно-красная окраска в центральной и ярко-голубая во внешних частях.

Неоднородная окраска наблюдается иногда у топазов Борщовочного кряжа: по плоскости YZ кристаллы окрашены в голубоватый цвет, а на концах (концы оси X) в розовато-желтый [36]. По Г.Г. Леммлейну и Н.М. Меланхолину (1951 г.), розовый цвет приурочен к пирамидам роста $\langle 110 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ и $\langle 021 \rangle$, а голубой — к пирамидам роста $\langle 120 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ и $\langle 112 \rangle$. По данным А.Н. Платонова [24], изменение окраски от голубой к розовой в пределах одного кристалла связано с замещением $F \rightleftharpoons (OH)$. Содержание фтора в волынских топазах (М.М. Ивантишин, 1955 г.) уменьшается от голубых зон (и разновидей) к розовым (от 18 до 16,5 %). При этом в голубых и розовых топазах преобладают, согласно результатам исследования ЭПР, различные парамагнитные комплексы Ti^{3+} .

Розовые топазы встречаются очень редко. Розового, красного, темно-красного, фиолетового цвета топазы известны в Оуро-Прету (Бразилия). Их иногда называли "бразильскими рубинами". Неповторимы топазы рек Каменки и Санарки (Урал) по красоте, густоте и разнообразию тонов. Цвет их розовый, густо-красный или фиолетовый. Иногда проводят аналогию между топазами Санарки и Оуро-Прету. Крупные кристаллы топаза интенсивно-красного цвета найдены в Пакистане (Мардан), там же встречаются и бледно-розовые топазы. Розово-дымчатые топазы обнаружены в пегматитах Волыни. Розовая и розово-фиолетовая окраска топазов с р. Каменки связана с наличием в структуре топаза Cr^{3+} (С.В. Грум-Гржимайло, 1953 г.; В.А. Корнетова, 1950 г.).

Золотисто-, медово- и винно-желтые топазы известны в Бразилии, шафрано-желтые — на о. Шри-Ланка, светлые винно-желтые, в Саксонских Вогезах (Шнекенштейн).

Окраска топаза часто неустойчива. Древние греки упоминают о том, что желтая окраска топаза может быть получена при нагревании. Н.И. Кокшаров описывает ряд случаев, когда красновато-желтые топазы (цвета мадеры) за несколько месяцев обесцвечивались и у них появлялась серовато-голубая окраска. Переход розовато-коричневой окраски топаза в голубую при многолетнем воздействии на них дневного света описал Д. Свит (1930 г.). Фиолетовые топазы Каменки, указывает А.Е. Ферсман [39], теряют окраску при слабом прокаливании, а желтые камни при этом приобретают нежный розовато-фиолетовый тон.

Красновато-коричневые кристаллы Оуро-Прету при медленном нагревании до 450°C обесцвечиваются, но при охлаждении у них появляется желтовато-розовая до фиолетово-красной окраска, интенсивность которой зависит от исходной окраски и степени нагревания.

Розовую окраску воспроизводят искусственно. Так, в Парижской Академии наук при нагревании до 500°C в песчаной бане топаз стал розовым. Искусственная розовая окраска топазов появляется при облучении их рентгеновскими лучами (Г.Г. Леммлейн, Н.М. Меланхолин, 1951 г.). Такая окраска тождественна природной розовой, что подтверждается полной аналогией их спектров поглощения.

Розовая окраска топазов, содержащих хром, более устойчива, она не исчезает даже при нагревании до 800°C .

Различные схемы изменения окраски при облучении и нагревании топазов, содержащих хром, и бесхромовых предлагает И. Петров (1977 г.).

Под действием ионизирующей радиации бесцветные топазы окрашиваются в коричнево-оранжевый и янтарно-коричневый цвет. Окраска исчезает при нагревании. По мнению М.И. Самойловича и Л.Г. Ченцовой (1969 г.), цвет облученных топазов связан с ионами кислорода, потерявшими при облучении электроны.

Г.В. Банк (1977 г.) перечисляет следующие возможные случаи изменения окраски топазов: при нагревании коричневые и желтые топазы становятся розовыми, бесцветные в результате облучения — коричневыми, а после облучения и последующего нагревания — голубыми; интенсивность желтой окраски усиливается в результате облучения желтых топазов. Наиболее результативный метод отличия природной окраски от окраски, вызванной облучением, — термолюминесценция (I. Petrov, W. Berdensinski, H. Bank, 1977 г.; А.Н. Платонов, В.Р. Беличенко, 1964 г.; J. Lietz, H.G. Kluge, 1956 г.).

Плеохроизм у топазов отчетливый. В голубых топазах (особенно с зеленоватым оттенком) отмечается слабый плеохроизм по схеме: голубой — бесцветный или голубовато-зеленый — зеленый, причем тем отчетливее, чем ярче выражен зеленый оттенок [45]. Желтые топазы иногда обладают плеохроизмом: светло- и темно-желтый или желто-красный. Розовые топазы иногда плеохроируют в карминово-красных и медово-желтых тонах. При этом у топазов, розовая окраска которых связана с нагреванием, плеохроизм особенно четко выражен.

Блеск топаза стеклянный, на плоскостях спайности — иногда с перламутровым отливом. Спайность совершенная по пинакoidу $\{001\}$. Излом не по спайности раковистый. Твердость 8 по шкале Мооса. Микротвердость 1399 МПа. Плотность 3,50–3,57 г/см³, наиболее высокая у бесцветных топазов. Высокую плотность бесцветных, голубых и желтых топазов СССР, ГДР, США (3,56) отмечает и Р. Вебстер [50]. По данным М. Бауэра [45], плотность зеленовато-голубых топазов из Забайкалья 3,53 г/см³. Наиболее легкие коричневые и розовые топазы: плотность (в г/см³) винно-желтых и розовых Бразилии 3,53; розовых Пакистана 3,53; розово-желтых Бразилии и Малой Азии 3,50–3,55. Топаз — двуосный, положительный, $2V = 45\text{--}66^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,618\text{--}1,637$, $n_m = 1,610\text{--}1,631$, $n_p = 1,607\text{--}1,629$; $n_g - n_p = 0,003\text{--}0,010$. Показатели преломления изменяются в зависимости от содержания группы (ОН).

По величине постоянных решетки, показателей преломления и угла между кристаллографическими осями у топазов можно определить отношение ОН:F (Rosenberg, 1967 г.; Р.Н. Ribbe, Rosenberg, 1971 г.). У топазов с большим содержанием группы (ОН) показатели преломления более высокие, меньший угол между осями и низкие показатели решетки.

По данным Р. Вебстера (1973 г.), показатель преломления коричневых, винно-желтых и розовых топазов Бразилии 1,63–1,63, двупреломление 0,008, а показатель преломления голубых, бесцветных и желтых топазов СССР, ГДР (Саксония), США — 1,61–1,62, двупреломление 0,010; это объясняется тем, что бразильские топазы обогащены гидроксидом и обеднены фтором. Дисперсия показателей преломления 0,014.

Топазы иногда люминесцируют в катодных лучах красным, желтым и бледно-зеленым светом. В ультрафиолетовых лучах в длинноволновом диапазоне может наблюдаться слабое желтоватое или зеленоватое свечение, преимущественно у голубых и бесцветных топазов. В коротковолновом диапазоне ультрафиолетовых лучей люминесценция у тех же топазов фиксируется очень редко и интенсивность ее очень слабая. Розовые и коричневые топазы винного цвета в ультрафиолетовых лучах иногда имеют оранжево-желтое свечение, которое наблюдается в длинноволновом диапазоне и лишь изредка в коротковолновом. В рентгеновских лучах голубые и бесцветные топазы обнаруживают голубоватое свечение, розовые и коричневые — коричневатое-желтое или оранжевое.

Топаз легко электризуется от трения, сжатия и нагревания. Степень электризации зависит от месторождения. Например, саксонские топазы Шнекенштейна электризуются при поглаживании кристаллов пальцами, для возбуждения электризации в некоторых топазах Бразилии достаточно слабого надавливания пальцами, особенно в направлении главной оси призматического кристалла [44, 50]. Пирозлектрические свойства у топазов проявлены больше, чем у турмалинов. Пирозлектричество появляется при медленном охлаждении нагретых топазов. При этом кристаллы могут оставаться электропроводящими в течение нескольких часов.

Топазы содержат газовые, жидкие и газово-жидкие включения, располагающиеся в трещинках, каналах или в виде отдельных пузырьков. В составе газовых включений отмечаются CO_2 , H_2S , SO_2 , NH_3 , HCl , Cl_2 , N_2 , редкие газы. Жидкая фаза состоит в основном из угольной кислоты.

Среди твердых включений, которые, естественно, меняются в зависимости от генетического типа месторождений топаза, отмечаются флюорит, криолит, галит, сильвин, эльпасолит, хлориды алюминия и цинка, протитионит, турмалин и др.

Топаз встречается в гранитных пегматитах, в грейзенах, иногда в гидротермальных месторождениях. Большое значение, как источник ювелирных топазов, имеют камерные пегматиты, элювиальные и элювиально-делювиальные россыпи.

По данным изучения газовых и газовой-жидких включений определены термодинамические условия образования топазов на ряде месторождений. По данным Н.П. Ермакова (1950 г.), температура гомогенизации вторичных включений в волынских топазах 310–315 °С, а первичных — 362–400 и 510 °С. Близкие значения получены для этих же топазов и другими исследователями. Для топазов шерловогорского типа максимальная температура гомогенизации газовой-жидких включений 450 °С. Включения в топазе из грейзенов гомогенизируются при температуре 345–370 °С.

В кристаллах волынского топаза рН водного раствора равно 4,6–5,3 ± ± 0,2 (Д.К. Возняк, 1968 г.).

В нашей стране месторождения топазов были известны с XVIII в. В 80-х гг. XVIII в. были открыты поражающие своей чистотой и голубоватым цветом топазы Мурзинки на Урале. В этом районе разрабатывались вокруг Алабашки, у Мурзинки и у д. Южаковой (Корниловой) такие копи, как "Голодный лог 6", "Тяжеловесница 7", "Междудорожница 10", "Мокруша", "Золотуха 68" и др. Основные запасы топазов этого района были исчерпаны уже к началу XIX в., только отдельные великолепные кристаллы топазов вплоть до XX в. добывали лишь в "Мокруше".

В Ильменских горах бесцветные и светло-голубые топазы открыты были в конце XVIII в. казаком Прутовым. Основные разработки копей с топазом относятся к концу 20-х гг. XIX в. после открытия А. Кочевым Кочевской и ряда других копей. Однако к 1834 г. знаменитые Прутовская, Кочевская и Трубеевская копи были выработаны. Новый, хотя и кратковременный расцвет относится к 1835 г., в связи с открытием Блюмовской копи.

Первые находки розово-фиолетовых топазов по рекам Санарке и Каменке отнесены к 1853 г. В Липовских копиях также обнаружены розово-фиолетовые кристаллы. С начала XVIII в. встречается упоминание о топазах Забайкалья — Адун-Чилона и Куку-Сыркена, а с середины XVIII в. — горы Тут-Халтуй (Шерловой горы, по А.Е. Ферсману, 1925 г.). В начале 30-х гг. XVIII в. обнаружены исключительной чистоты и прозрачности топазы Борщовочного кряжа, особенно района р. Урульги, где были найдены кристаллы от светлого винного до густого буровато-желтого цвета. Открытие Волынского месторождения топазов на Украине относится к концу XIX — началу XX в. Первооткрывателем топазов Волыни является Г.И. Осовский. Вначале были обнаружены топазы только в элювиально-делювиальных отложениях, и лишь в 1931 г. — в коренном залегании, в камерных пегматитах [13]. В настоящее время пегматиты Волыни — единственный источник ювелирного и технического топаза на Украине.

Важнейшее месторождение топаза в Европе — Шнекенштейн (Ауэр-

бах), известное с 1737 г. в Саксонских Вогезах. Топазы Шнеккенштейна винно-желтые, зеленоватые или бесцветные.

Наиболее известны топазы Бразилии: розово-коричневые и винного цвета топазы Оуро-Прету в шт. Минас-Жерайс, голубые и бесцветные топазы Диамантины. Разрабатываются месторождения в США (штаты Колорадо, Юта и др.); на о. Мадагаскар, в Бирме, на о. Шри-Ланка, в Японии, Пакистане, Австралии, Мексике и др.

Прозрачные, бесцветные или красиво окрашенные топазы используют в качестве ювелирных камней. Особенно ценились розовые, голубые и темно-желтые камни. Обрабатываются топазы предпочтительно в виде овала или панделюка, иногда придается при обработке топазу изумрудная или бриллиантовая огранка. Применяется резьба по камню — хорошо известны прекрасные топазовые камен.

В качестве имитаций топаза используется природный и синтетический корунд, берилл (аквамарин), гелиодор, воробьевит, горный хрусталь, цитрин, дымчатый кварц, кунцит, фенацит, данбурит, флюорит, синтетическая шпинель. Эти минералы отличаются от топаза твердостью, плотностью, показателями преломления и другими свойствами.

Синтетические топазы могут быть получены путем воздействия гидрофторосиликатной кислотой на кремнезем и глинозем в присутствии воды при температуре 500 °С. Но они не представляют коммерческой ценности.

Турмалин

Турмалин относится к числу драгоценных камней, хорошо известных издавна и широко применяемых во всем мире. Название этого минерала произошло от сингал. "турмали" — камень, притягивающий пепел, что связано со способностью турмалина электризоваться при нагревании. Под таким названием стали известны камни, привезенные в 1703 г. в Амстердам с о. Шри-Ланка (Цейлон). На Востоке турмалин применяется давно. Его извлекали попутно с другими драгоценными камнями из россыпей Индии, Шри-Ланки, Бирмы. Известен он был и в Афганистане и других странах Востока, а затем и Европы.

В России турмалин с XVI в. и особенно XVII—XVIII вв. использовали для украшения ювелирных изделий, церковных регалий и предметов церковной утвари. В Оружейной палате Московского Кремля хранится панagia Иоанна Предтечи, выполненная в XII в. византийскими мастерами, украшенная турмалинами. Там же находятся замечательные памятники прикладного искусства XVI в., в которых использован турмалин, — это оклады икон Кирилла Белозерского и Богоматери Одигитрии, золотой потир, выполненный по заказу царицы Ирины Годуновой. Турмалины вместе с другими драгоценными камнями помещены в венцах царей Михаила Романова и Ивана Алексеевича (XVII в.). Но особенно неповторим турмалин-рубеллит розовато-малинового цвета, выполненный в виде виноградной кисти, "с которым хорошо сочетаются золотые листочки с зеленой эмалью, закрепленные на раздвоенном стебельке, покрытом белой и черной эмалью" [32]. Этот камень, являющийся одним из наиболее

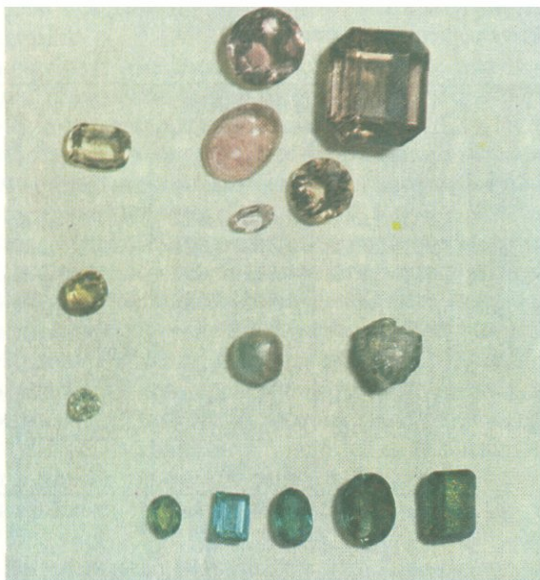


Рис. 41. Ограненные турмалины

знаменитых исторических камней Алмазного фонда СССР, известен под названием "Большой рубин" или "Рубин Цезаря", так как долгое время его считали рубином.

Широкая популярность турмалина связана прежде всего с красотой многообразных окрасок его различных прозрачных разновидностей: это рубеллит — розовый или красный, сибирит, или даурит, — вишнево-красный, индиголит — синий, голубой, верделит — зеленый, дравит — коричнево-желтый, бурый, ахроит — бесцветный. Часто встречаются полихромные турмалины с поперечно-полосчатой или концентрической зональностью. При этом окраски изменяются от синей и зеленой до бесцветной и розовой. Наиболее часто наблюдаются зеленые и розовые окраски. Иногда в полихромных турмалинах с поперечно-полосчатой окраской, меняющейся вдоль удлинения кристаллов, наблюдаются не только указанные выше изменения цвета, но и переходы от бесцветного к черному на концах. Такие кристаллы, встречающиеся на о. Эльба, называются "головой арапа" или "черной головой". Наиболее часто встречающиеся черные турмалины называются "шерлами". В Забайкалье обнаружены турмалины с астеризмом — "кошачий глаз". Астеризм в таких турмалинах (обычно зеленого цвета) вызван тонкими каналами, заполненными, как правило, газово-жидкими включениями. На рис. 41 показаны вставки ограненных турмалинов.

Турмалин является сложным кольцевым силикатом, кристаллизующимся в тригональной сингонии, дитригонально-пирамидальном виде сим-

Физические свойства турмалинов

Название	Показатели преломления		$n_o - n_e$	Плотность, г/см ³
	n_o	n_e		
Дравит	1,635–1,661	1,610–1,632	0,021–0,026	2,90–3,10
Увит	1,632–1,641	1,612–1,621	0,017–0,023	3,05–3,12
Шерл	1,655–1,675	1,625–1,650	0,025–0,035	3,10–3,34
Эльбаит	1,640–1,655	1,615–1,620	0,017–0,024	3,01–3,13
Лиддикоатит	1,637	1,621	0,016	3,02–3,08
Тсилаизит	1,655	1,630	0,025	
Бюргерит	1,735	1,655	0,080	3,31
Рубеллит	1,634–1,642	1,616–1,624	0,018	3,01–3,06
Верделит	1,637–1,648	1,613–1,628	0,020–0,024	3,05–3,11
Индиголит				3,05–3,11

метрии, с общей формулой $(\text{Na}, \text{Li}, \text{Ca})(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Fe})_6 \times (\text{OH})_4 [\text{BO}_3]_3 [\text{Si}_6 \text{O}_{18}]$. По химическому составу выделяют разновидности, обогащенные двухвалентным железом — шерл, магнием — дравит, кальцием — увит, марганцем — тсилаизит, трехвалентным железом — бюргерит, литием и алюминием — эльбаит и его кальциевый аналог — лидди-коатит. В природе наблюдаются несколько изоморфных родов турмалина: шерл-дравитовый, шерл-эльбаит-тсилаизитовый и шерл-бюргерито-вый [14].

Химический состав и положение различных элементов в структуре определяют окраску турмалина. Согласно исследованиям А.Н. Платонова [24], появление зеленых, буровато-зеленых, зеленовато-желтых, бурых, коричневых и красных окрасок свойственно железосодержащим турмали-нам при преобладании в них двухвалентного железа, при этом отмечается важная роль полосы переноса заряда $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$. В появлении выцветаю-щей розовой окраски рубеллитов важна роль дырочного центра O^{2-} . Ярро-розовая, малиново-красная невыцветающая окраска объясняется наличием в турмалинах небольшой примеси Mn^{3+} . Слабо-розовая окраска связана с присутствием двухвалентного марганца. Оранжево-коричневая окраска дравитов обусловлена полосой переноса заряда $\text{Ti}^{3+} - \text{Ti}^{4+}$.

В турмалинах обычно отчетливо проявляется плеохроизм ($N_o > N_e$), что необходимо учитывать при их обработке: розовый — красный; светло-розовый — бесцветный; зеленый или светло-зеленый — желтый или желто-зеленый.

Составом турмалина обусловлены и другие его свойства, такие как плотность и показатели преломления (табл. 17). Дисперсия 0,017. Турма-лин одноосный, отрицательный. Блеск стеклянный. Твердость 7–7,5 по шкале Мооса. Спайность отсутствует. Обычно турмалины не люминесциру-ют в ультрафиолетовых лучах, в отдельных случаях наблюдается в корот-

коволновых ультрафиолетовых лучах голубое (у рубеллитов из Бразилии) или желтое (у желтых и коричневых турмалинов из Танзании) свечение. Ряд авторов описывают красное или оранжевое свечение турмалинов в катодных лучах.

Указанные физические свойства можно считать диагностическими при идентификации турмалина; они позволяют отличить его от похожих ограненных камней и синтетических материалов.

При обработке турмалина часто применяется изумрудная огранка, реже бриллиантовая или фантазийная. Полихромные турмалины и камни с астеризмом кабошонируются.

На мировом рынке как ювелирные камни особенно ценятся красные турмалины. Цены на них в среднем около 60 долл. за карат. Однако особенно красивые рубеллиты ценятся более высоко. Так, недавно найденные в Бразилии в шт. Минас-Жерайс необыкновенной красоты рубеллиты были оценены в 100 долл. за карат, а вся находка — в 30 млн. долл. Цены на синие, зеленые, розовые и полихромные турмалины несколько ниже.

Месторождения ювелирного турмалина связаны с миароловыми и бесполостными микроклиновыми и микроклин-альбитовыми гранитными пегматитами с клевеландитом и лепидолитом, а также со связанными с ними элювиальными, делювиально-аллювиальными и аллювиальными россыпями.

Ювелирные турмалины встречаются на о. Шри-Ланка (желтые и коричневые увиты и дравиты), в Бирме (розовые эльбаиты), Бразилии в шт. Минас-Жерайс и др. (обычно эльбаиты различного цвета, в том числе полихромные и "кошачий глаз"), Индии в шт. Кашмир (зеленые эльбаиты), Намибии (зеленые хром-турмалины, зеленые и розовые эльбаиты), Зимбабве (чистые эльбаиты), Мозамбике (эльбаиты с нежной окраской в различных тонах, полихромные), Демократической Республике Мадагаскар (полихромные лиддикоеатиты с концентрически-зональной окраской), Танзании (зеленые эльбаиты), Кении (красные и коричнево-красные дравиты), США в штатах Калифорния (розовые эльбаиты), Мэн (зеленые, голубовато-зеленые, голубые, розовые и красные эльбаиты), Коннектикут (полихромные эльбаиты), Нью-Мексико и Нью-Джерси (дравиты).

Ювелирный турмалин известен в Афганистане (Нуристане): в месторождениях Дарае-Пич, Канокан, Джабо, Чормакс, Кантива, Манданеша, Цоцум, Муалеви, Папру. Турмалин месторождения Дарае-Пич травяно-зеленого цвета, длиной 1—20 см и диаметром 0,2—5 см, реже встречаются полихромные турмалины с красно-розовым ядром и зеленой каймой, длиной до 35—40 см и диаметром 7—15 см (Л.Н. Россровский, 1980 г.).

В Советском Союзе ювелирные турмалины известны давно. В Забайкалье обнаружены рубеллиты, зеленые и полихромные турмалины с поперечно-полосчатой и концентрически зональной окраской. На Урале с XIX в. разрабатывались копи месторождений, в которых добывались розовые и карминово-красные сибириты, синевато-фиолетовые, оливково-зеленые, черные и двухцветные турмалины (с малиновыми и зелеными зонами или синими и черными). В Сибири в одной из пегматитовых жил в последние годы добыто несколько десятков килограммов прозрачных кристаллов цветных турмалинов.

Турмалин применяется не только как ювелирный камень. В науке и технике он используется благодаря пиро- и пьезоэлектрическим свойствам. В настоящее время научились искусственно получать турмалины, однако большого значения синтетические турмалины не имеют.

Полевые шпаты

Полевые шпаты представлены алюмосиликатами изоморфных рядов: натриево-кальциевого (плагиоклазами) — $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, калиево-натриевого — $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и калиево-бариевого — $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ba} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$.

Натриево-кальциевые полевые шпаты (плагиоклазы) представлены минералами изоморфного ряда, конечными членами которого являются альбит — $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и анортит — $\text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Содержания анортитовой молекулы (An) в минералах ряда следующие (в %): в альбите 0–10, олигоклазе 10–30, андезине 30–50, лабрадоре 50–70, битовните 70–90, анортите 90–100.

Плагиоклазы кристаллизуются в триклинной сингонии, пинакоидальном виде симметрии. Блеск стеклянный. Показатели преломления возрастают от альбита ($n_g = 1,536$, $n_m = 1,529$, $n_p = 1,525$) до анортита ($n_g = 1,588$, $n_m = 1,583$, $n_p = 1,575$). Твердость по шкале Мооса 6–6,5. Спайность совершенная по $\{001\}$ и $\{010\}$ под углом $86^\circ 24' - 86^\circ 50'$. Плотность увеличивается от альбита ($2,61 \text{ г/см}^3$) к анортиту ($2,76 \text{ г/см}^3$).

Калиево-натриевые полевые шпаты представлены моноклинными (санидин — $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и ортоклаз — $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) и триклинными (микроклин — $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) модификациями.

Санидин и ортоклаз относятся к моноклинопризматическому виду симметрии. Блеск стеклянный. Твердость 6–6,5 по шкале Мооса. Спайность совершенная по $\{001\}$ и $\{010\}$ под углом 90° .

Санидин бесцветный, прозрачный. Ортоклаз светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый, иногда мясо-красный. Бесцветный, прозрачный ортоклаз называется адуляром. Санидин от ортоклаза отличается углом оптических осей.

Микроклин кристаллизуется в пинакоидальном виде симметрии. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности слегка перламутровый. Твердость 6–6,5 по шкале Мооса. Спайность совершенная по $\{001\}$ и $\{010\}$ под углом $89^\circ 40'$. Плотность $2,54 - 2,57 \text{ г/см}^3$, цвет обычно такой же, как у ортоклаза. Разновидность микроклина зеленого цвета называется амазонитом.

В качестве ювелирных и ювелирно-поделочных камней применяют красиво окрашенные или иризирующие разновидности полевых шпатов: амазонит, лабрадор, лунный и солнечный камни (рис. 42).

Амазонит, или амазонский камень, назван по месту нахождения в отложениях р. Амазонки. Но в дальнейшем амазонит не встречался в бассейне Амазонки, в связи с чем высказывались многочисленные предположения, что найденный в тех местах зеленый камень и названный амазонитом



ис. 42. Ограненные вставки из полевого шпата

разновидностью микроклина, а был каким-либо другим минералом, например жадеитом. Тем не менее название "амазонит" укрепилось за окрашенной зеленоватой и зеленовато-голубоватой разновидностью микроклина.

Амазонит нередко можно встретить в древнеегипетских амулетах и украшениях. Правда, долгое время его не отличали от нефрита и других

похожих на амазонит минералов. Месторождения амазонита известны в США в штатах Виргиния (округ Колорадо), в Канаде (Онтарио), Демократической Республике Конго, Бразилии (в шт. Минас-Жерайс), Норвегии, Зимбабве, Индии, Китае, Югославии, Болгарии.

Месторождения амазонита хорошего цвета и качества встречаются довольно часто. Впервые он был обнаружен в 1784 г. на Южном Урале в Уральских горах, где вскоре стал разрабатываться и использоваться в ювелирном деле под названием "изумрудного эдельшпата". Известен амазонит на Кольском полуострове (Западные Кейвы), в Восточной

Иркутской обл., в Юго-Западном Прибайкалье, Читинской области (в Житомирской и Донецкой областях), Казахстане и Узбекистане (в Киргизии и Таджикистане).

Амазонит наиболее широко применяется для изготовления бус, брошей, ваз, шкатулок, пепельниц и т.д. В Эрмитаже экспонируются два амазонитовых сосуда (в том числе высотой 22,5 см и около 14 см в диаметре) из амазонита, изготовленные в XVIII в. на Екатеринбургской

гранильной фабрике. Амазонит используется и как декоративно-облицовочный камень.

Амазонит чаще всего встречается в виде крупных кристаллов, реже друз и отдельных кристаллов размером до 1,5 м и более. Так, А.Е. Ферсман (1922 г.) приводит сведения о том, что якобы в Ильменских горах "была заложена каменоломня в одном цельном кристалле".

Амазонит непрозрачен или просвечивает в тонких пластинах. В последнем случае его используют в витражах, светильниках и др.

Окраска амазонита зеленая; зеленовато-голубая, голубовато-зеленая. Часто в образцах амазонита наблюдаются пертитовые вросстки белого альбита, что придает им особую привлекательность и шелковистый отлив. Окраску амазонита связывают с присутствием изоморфного Fe^{2+} или появлением Pb^{2+} , замещающего калий в структуре микроклина, чем объясняется образование дефектов. Зеленый цвет амазонита исчезает при нагревании его до 300–500 °С, однако он может быть восстановлен радиоактивным или рентгеновским облучением или даже просто длительным хранением в темноте. При нагревании до температуры выше 600 °С происходит необратимое обесцвечивание амазонита. Экспериментально было показано (Б.М. Шмакин, 1968 г.), что амазонитовую окраску можно получить путем облучения рентгеновскими лучами микроклина, обогащенного различными элементами-примесями.

Твердость 6–6,5. Плотность 2,54–2,63. Показатели преломления: $n_g = 1,525–1,530$, $n_m = 1,522–1,526$, $n_p = 1,518–1,522$, двупреломление: $n_g - n_p = 0,007–0,010$, оптически отрицателен, $2V = 82–84^\circ$.

Амазонит может люминесцировать желто-зеленым цветом в ультрафиолетовых длинноволновых лучах, в коротковолновых ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. В рентгеновских лучах у амазонита иногда наблюдается зеленая люминесценция.

Амазонит встречается в пегматитах и гранитах — основных источниках ювелирно-поделочного камня.

За амазонит иногда можно принять жадеит или даже бирюзу, от которых его отличают по свойствам. Среди полевых шпатов, применяемых в качестве ювелирных и ювелирно-поделочных камней, особое место занимают иризирующие разновидности. Иризацией обладают лабрадор, лунные и солнечные камни.

Лабрадор — плагиоклаз, т.е. натриево-кальциевый полевой шпат. Название минерал получил от названия п-ова Лабрадор, где он был открыт в 1770 г. Цвет непрозрачного лабрадора темно-серый до серо-черного, иногда темно-синий. Лучшие разновидности лабрадора имеют иризацию, напоминающую отлив "кошачьего глаза" (гренландский, о. Святого Павла) или "павлиньего пера" (индийский). Иризация может быть сплошной, но чаще локальной, а по характеру погасания — волнистой и мозаичной, по геометрии узоров — каемочной, пятнистой, зональной. Цвета иризации также различны — одно-, двух- и трехцветная окраска в синих, зеленых, желтых и даже красных тонах. Иризация в лабрадоре видна наиболее отчетливо в направлениях перпендикулярных или наклонных к (010) и (001). Появление иризации связывают с наличием пертитовых вростков.

Месторождения высококачественного лабрадора находятся на п-ове

Лабрадор. Многочисленны находки лабрадора хорошего качества в виде валунов под Ленинградом и Москвой. Значительно месторождение лабрадора на Украине. Известны месторождения лабрадора в Австралии (шт. Новый Южный Уэльс).

Лучшие образцы лабрадора применяются в ювелирно-галантерейных изделиях. В конце XIX в. некоторое время лабрадор был в большой моде во Франции и Англии, где его оправляли с бриллиантами. Крупные камни используются для изготовления различных сувениров. Самые низкокачественные лабрадоры применяются как облицовочный материал.

Лунные и солнечные полевые шпаты обладают иризацией в голубых (лунные камни) или золотистых и красных (солнечные камни) тонах.

Лунный камень, или перламутровый или жемчужный шпат, прозрачный бесцветный полевой шпат, может быть представлен адуляром — калиевым полевым шпатом. Название его произошло от г. Адула в Швейцарских Альпах, где он был впервые найден. Месторождения лунного камня-адуляра известны в Швейцарии (Сен-Готард), Шри-Ланке, Бирме, Танзании, Индии. Месторождения эти в настоящее время выработаны.

В адуляре, как и в других калиевых полевых шпатах (сандине и ортоклазе), иризация может быть связана с крипто- и микропертитовыми вростками альбита. Лунные камни могут быть представлены и плагиоклазами. Полупрозрачный альбит-олигоклаз с ярко выраженной иризацией, напоминающей радужное оперение шеи голубя, называется перистеритом.

Солнечный камень, или авантюриновый шпат, представлен плагиоклазами (альбитом, олигоклазом, андезином) или микроклином. Иризация его обусловлена микровключениями гематита. Солнечные камни известны на о. Мадагаскар, в Норвегии. Помимо прозрачных лунных и солнечных камней, применяемых в качестве ювелирного сырья и являющихся очень редкими и ценными, довольно часто встречаются непрозрачные и слабо просвечивающие иризирующие полевые шпаты. Это месторождения беломорита, авантюриновых шпатов в Сев. Карелии и на Кольском полуострове, в Ильменских и Вишневых горах на Урале, в Канаде и США.

Такие полевые шпаты применяются в малоценных ювелирно-галантерейных и сувенирных изделиях.

Циркон

Циркон известен с древних времен. Его название произошло от араб. или перс. *zaf* — золото и *gun* — цвет. Синонимы — гиацинт, энгельгардит, азорит, ауэрбахит (рис. 43).

По составу циркон является островным силикатом — $Zr [SiO_4]$, кристаллизующимся в тетрагональной сингонии, дитетрагонально-дипирамидальном виде симметрии. В качестве примесей цирконы могут содержать железо, кальций, алюминий, редкие земли, гафний, стронций, скандий, торий, уран, бериллий, ниобий, тантал, фосфор и др., в связи с чем выделяют ряд разновидностей: малакон, циртолит, альвит, назгит, хегтвейтит, хагаталит, ямагутилит, олмалит, гельциркон, аршиновит.



Рис. 43. Вставки из циркона

В качестве ювелирных камней применяются прозрачные красиво окрашенные цирконы под различными названиями. Гиацинт (старинное название — перадоль) — красно-желто- и малиново-оранжевый, красный, коричнево-красный, коричневый циркон, окраска которого напоминает гиацинт — цветок, выращенный, по древнегреческому мифу, Аполлоном из тела (или из крови) прекрасного юноши Гиацинта, любимца Аполлона, убитого богом ветра Зефиром. Жаргон (одна из форм слова циркон), или цейлонский жаргон, — желтые, соломенно-желтые и дымчатые цирконы. Их называют также сямскими алмазами. Матур-алмаз, или матара-алмаз — бесцветные цирконы. Названы по местности, где они встречаются — на юге о. Шри-Ланка недалеко от Матара (Маттураи). Старлит, или старлайт, — небесно-голубые цирконы с природной окраской или полученной после термохимической обработки [50]. Встречаются зеленые и сиреневые цирконы.

Несмотря на сильную игру света (дисперсия 0,039) и красивую окраску, цирконы не вошли в число "любимых" ювелирных камней. Однако в определенные времена (например, в XV—XVI вв. и в 30-е гг. XIX в.) были в моде гиацинты. Особенно популярным стал циркон с тех пор, как научились получать голубую окраску путем обработки гиацинтов из Кампучии. К сожалению, эта окраска со временем исчезает.

Плеохроизм у цирконов выражен слабо, только у голубых термообработанных камней окраска изменяется от небесно-голубой по *No* до почти бесцветной по *Ne*. Окраску темно-зеленого циркона изучал П. Зваан (1957 г.). Полосы поглощения в спектре этого циркона можно объяснить

переходами в ионах редких земель Ho^{3+} , Sm^{3+} , Er^{3+} , Nd^{3+} и в ионе U^{4+} . Красная и сиреневая окраски цирконов в значительной мере определяются полосой поглощения около 470 нм, исчезающей после прогрева кристаллов. Этот тип окраски связан с радиационными центрами (Y , TR) O_2^0 [24].

Циркон встречается в природе в виде хорошо образованных кристаллов, облик которых изменяется в зависимости от условий образования от длиннопризматического (в гранитных пегматитах и гранитах) до дипирамидального (в щелочных и метасоматических породах). Иногда наблюдаются двойники по (101), коленчатые двойники и сноповидные или радиальнолучистые сростания.

Размер кристаллов, как правило, сравнительно небольшой (несколько миллиметров), однако иногда встречаются крупные цирконы массой в десятки и даже сотни каратов. Такие цирконы находятся в различных музеях мира [43]. В Смитсоновском институте хранятся цирконы (масса в кар) с о. Шри-Ланка — коричневым 118,1, желто-коричневым 97,6, желтый 23,5, бесцветный 23,9, из Бирмы — красно-коричневым 75,8, Таиланда — коричневым 105,9 и голубой 102,2. В коллекции Лондонского геологического музея имеются цирконы массой (в кар): голубой 44,27, золотистый 22,67, красный 14,34 и бесцветный 21,32. В Американском музее натуральной истории в Нью-Йорке находится уникальный циркон с о. Шри-Ланка зеленовато-голубого цвета массой 208 кар, в Канадском музее в Торонто — коричневый в 23,8 кар и голубые 17,8 и 61,63 кар. Крупные красивые цирконы были в свое время обнаружены и на Урале.

Спайность у циркона наблюдается редко: несовершенная по (110) и (111). Излом неровный. Блеск сильный стеклянный до алмазного, у просвечивающих камней — жирный до матового, на изломе до смолистого. Твердость 6,5–7,5 по шкале Мооса. Микротвердость, измеренная С.И. Лебедевой на приборе ПМТ-3, — 8247–14395 МПа. Циркон хрупкий, что затрудняет его обработку. Плотность (в г/см^3) у зеленых, коричневых и оранжевых цирконов 3,95–4,20, у коричнево-зеленых и темно-красных камней 4,08–4,60, у бесцветных, голубых и коричнево-оранжевых — 4,6–4,8. Циркон оптически одноосный, положительный, $c = Ne$. Показатели преломления у различных цирконов, как и плотность, значительно колеблются: у зеленых, коричневых, оранжевых 1,78–1,815 при двупреломлении 0–0,008, у коричнево-зеленых и темно-красных $n_o = 1,830$ – $1,930$, $n_e = 1,840$ – $1,970$, $n_e - n_o = 0,008$ – $0,043$, а у бесцветных, голубых и коричнево-оранжевых — $n_o = 1,920$ – $1,940$, $n_e = 1,970$ – $2,010$, $n_e - n_o = 0,036$ – $0,059$. Часто цирконы люминесцируют в ультрафиолетовых лучах желтым и оранжевым цветом.

Циркон — широко распространенный аксессуарный минерал кислых и щелочных пород и их пегматитов. Он встречается в нефелиновых и щелочных сиенитах, гранитах, мариуполитах, альбититах, карбонатитах, в россыпях, образованных в результате разрушения указанных пород. Ювелирные цирконы находят чрезвычайно редко. Они известны в кимберлитах, сапфиросных щелочных базальтах и сиенитовых и миаскиловых пегматитах, циркон-сапфировых и цирконовых россыпях [11].

Издавна известны месторождения Шри-Ланки, Бирмы, Таиланда. Обнаружены ювелирные цирконы и в США (штаты Южная Дакота, Колорадо, Оклахома, Техас, Мэн, Массачусетс, Нью-Йорк, Нью-Джерси), Южной Кореи, Бразилии, Канаде (провинции Квебек и Онтарио), Норвегии, Франции, Австралии, Танзании.

В Советском Союзе ювелирные цирконы встречаются на Урале и в кимберлитовых трубках Якутии.

Основная часть циркона идет на извлечение из него циркония или используется как формовочный материал в литейном производстве. Ювелирные цирконы составляют незначительную часть. Светлоокрашенным и бесцветным прозрачным цирконам придают бриллиантовую, а цирконам с густой окраской — ступенчатую огранку. Камни менее прозрачные кабошонируют.

Бесцветные и голубые цирконы идут на имитации бриллиантов, от которых они отличаются наличием двупреломления, более высокой плотностью и низкой твердостью. Обработанные цирконы следует отличать от сфена, сингалита, касситерита, хризолита, демантоида, гессонита, аквамарина, топаза, турмалина, цветных сапфиров, синтетических рутилов, корундов, шпинели и стекла.

Хризолит

Хризолитом называют прозрачную разновидность оливина (перидота) зеленого, золотисто-зеленого цвета (рис. 44). Именно золотистый цвет определил название камня: от греч. χρῶσος — золото и λίθος — камень.

Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$ — островной силикат, кристаллизующийся в ромбодипирамидальном виде симметрии ромбической сингонии. Он является средним членом изоморфного ряда, крайние члены которого форстерит — $\text{Mg}_2 [\text{SiO}_4]$ и фаялит — $\text{Fe}_2 [\text{SiO}_4]$.

Оливин редко встречается в виде хорошо ограненных кристаллов, чаще он наблюдается в виде неправильных или изометрических зерен размером 2—15 мм. Однако известны и довольно крупные камни. Хризолит массой 192,6 кар, размером 5,2 × 3,5 × 1,1 см (вероятно, с о. Забергед) находится на выставке Алмазного фонда СССР. Это ограненный старинной комбинированной гранью камень однородного оливково-зеленого цвета. В Вене хранятся два крупных хризолита, масса одного из них 53 кар. В Лондонском геологическом музее экспонируется камень массой 146 кар. Известен хризолит, масса которого в необработанном виде была 190 кар.

Цвет хризолита зеленый с различными оттенками — бурый, золотистым, желтым, табачным, травяным и др. Окраска хризолита связана с присутствием двухвалентного железа. Распределение окраски в кристалле может быть равномерным и неравномерным, причем у хризолитов коренных месторождений окраска более интенсивная и равномерная, чем у хризолитов россыпей.

Твердость хризолита по шкале Мооса 6,5—7, плотность 3,32—3,5 г/см³. Спайность развита плохо, излом раковистый. Блеск стеклянный, на изломе жирный. Минерал двуосный, положительный: $n_g = 1,682$, $n_m = 1,663$, $n_p = 1,642$, $n_g - n_p = 0,040$. Дисперсия 0,020.

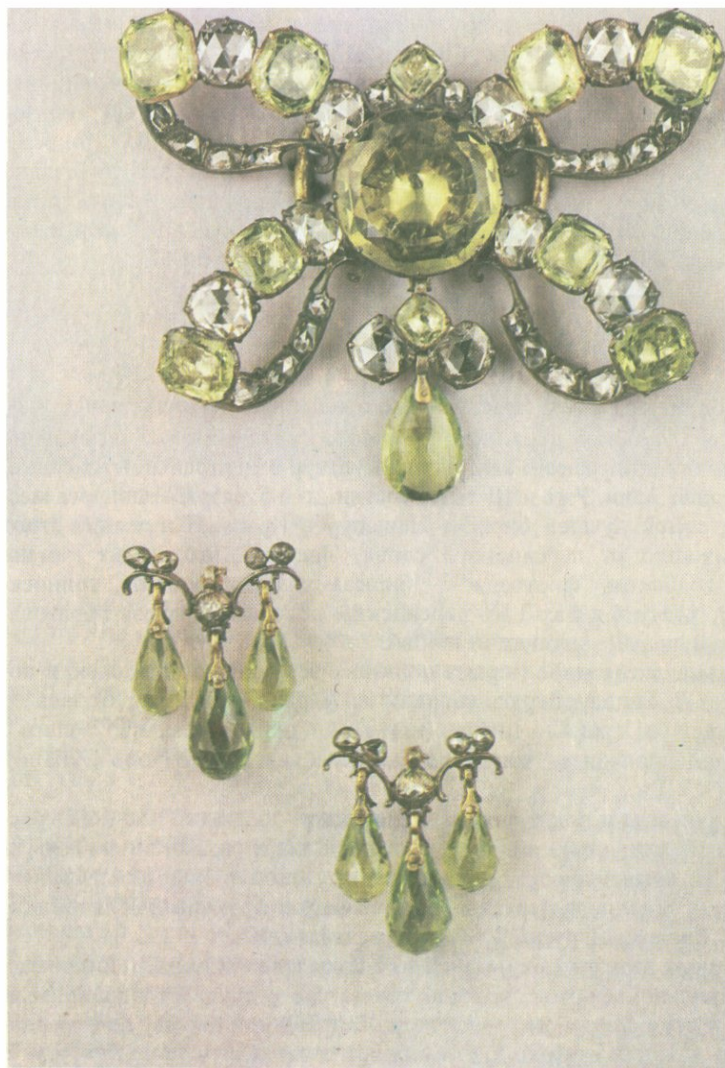


Рис. 44. Ювелирные изделия из хризолита

Месторождения хризолита связаны с магматическими породами. С древности наиболее известно месторождение на о. Забергед в Красном море. Встречается хризолит в СССР (Кугдинское месторождение, кимберлитовая трубка "Удачная-Восточная"), Австралии, Норвегии и др.

Хризолит обрабатывают ступенчатой огранкой, иногда бриллиантовой или кабошоном. Отношение к хризолиту как к ювелирному камню не всегда одинаковое. Так, в начале 60-х гг. XIX в. хризолит был очень модным в Париже. Однако у французов есть пословица: "У кого два оливина, у того их слишком много". В начале XX в. хризолит стал вновь пользоваться большим спросом в связи с "зеленой модой". Хризолит ценили не только за красоту, ему приписывали свойство предостерегать владельца от неразумных поступков и ограждать от дурных снов. Используется хризолит в основном в золотых изделиях в виде граненых вставок и кабошонов. На мировой рынок поступают хризолиты из АРЕ и США.

Бирюза

Бирюза — один из самых красивейших ювелирных камней, известных человечеству с глубокой древности (рис. 45). Украшения и талисманы из бирюзы находят при раскопках древних культур в Центральной Америке, Египте, Средней Азии. Уже в III тысячелетии до н.э. разрабатывалось месторождение самой лучшей бирюзы Нишапур в Иране. И название этого камня произошло от персидского слова "фируза", что значит камень счастья. На арабском "фирузадж" — бирюза означает "камень, приносящий победу, удачу в делах". По персидским поверьям, бирюза образовалась из костей людей, умерших от любви.

В мусульманском мире бирюза пользовалась большой любовью и популярностью. В Европу бирюза попала из Персии и Турции, отсюда ее названия *turquois* (англ.), *turkis* (нем.) — "привезенная из Турции". Среди первых европейцев, описавших бирюзу, были Марко Поло (XIII в.) и Тавернье (XVII в.).

Бирюза известна и под другими названиями — каллаит (наиболее распространенный синоним), агафит, лазоревый шпат, арабский камень, а порода, содержащая бирюзу, пронизанная паутиной трещинок, заполненных окислами железа и марганца, или имеющая брекчиевидный облик, называется "бирюзовой рудой", "бирюзовой маткой".

В ювелирных изделиях бирюза обычно применяется в виде кабошонов, часто неправильной формы, хорошо сочетается с другими ювелирными камнями, а также с серебром и золотом. В древности бирюзу не оправляли в золото, так как считалось, что она при этом теряет свою красоту. В изделиях с Востока встречаются гравировка бирюзы и инкрустация ее серебром и золотом. Известна бирюза, на которой выгравирована легенда о Магомете. Находят применение и тонкие пластины бирюзы — для инкрустации по дереву и другим материалам. Крошка бирюзы может служить материалом для изготовления плетносцементированной бирюзы.

Бирюза является основным фосфатом меди и алюминия, содержащим воду — $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. В качестве примесей в бирюзе могут

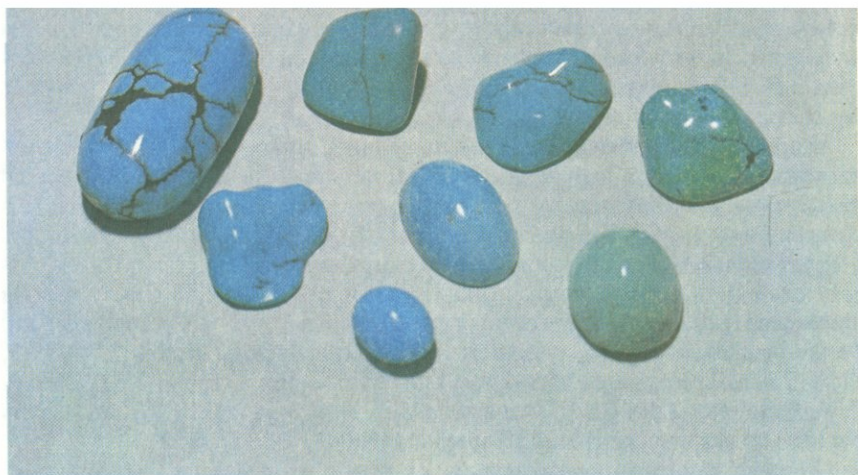


Рис. 45. Ограниченные вставки из бирюзы

присутствовать Fe, Ca, Zn, Mg, Cr, Ti, V, Sr, Ba, Mn, Mo, Na, Ag, Si, B, Co, Pb, органическое вещество. Разновидность, содержащая значительное количество железа, называется рашлеитом. Рашлеит и алюмохалькосидерит — промежуточные члены изоморфного ряда, крайними членами которого являются бирюза и халькосидерит, — $\text{CuFe}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Наблюдается изоморфизм и с фауситом — $(\text{Zn}, \text{Cu})\text{Al}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Бирюза относится к триклинной сингонии, пинакоидальному виду симметрии. В виде кристаллов она встречается чрезвычайно редко. Единственными кристаллами, подвергшимися анализу, были образцы из США (шт. Виргиния). Эта бирюза, состоящая из тонких слоев ярко-голубых сверкающих кристаллов, создающих бархатистые массы, цементировала трещины в стекловатом кварце. Размеры отдельных кристалликов бирюзы 0,3 мм и менее.

В других местах кристаллы бирюзы не наблюдались. Обычно бирюза встречается в виде микро- и скрытокристаллических агрегатов, образующих прожилки, желваки, включения неправильной формы, примазки, почковидные образования.

Л.Е. Мурром (1979 г.) было проведено электронно-микроскопическое исследование бирюзы из Мексики, при котором было выявлено, что она имеет плотную структуру и состоит из пластинчатых микрокристаллов размером от $(0,5-0,05) \times 0,1 \times 0,01$ до $(1-10) \times (0,5-1) \times 0,05$ мм.

Бирюза непрозрачна, в тонких сколах просвечивает.

Окраска бирюзы у образцов, состав которых близок к теоретическому, ярко-небесно-голубая. Это идиохроматическая окраска, связанная с наличием в составе минерала меди — одного из сильнейших хромофоров. Но довольно часто окраска бирюзы голубовато- и яблочно-зеленая, иногда даже зеленовато-бурая. Появление зеленых тонов в окраске бирюзы связано с присутствием ионов трехвалентного железа, замещающего ионы алюминия и, возможно, меди в октаэдрической позиции (Л.В. Никольская, Е.Е. Лисицына, М.А. Самойлович, 1974 г.). Плеохроизм слабый, бесцветный — бледно-голубой или бледно-зеленый.

Бирюза может обесцвечиваться на солнце; со временем или под действием спиртов, духов, ароматических масел, жиров, мыльной пены, бензина, ацетона, щелочей, кислот она приобретает зеленоватую или коричневатую-зеленую окраску. Блеск бирюзы стеклянный или восковой. Твердость 5–6 по шкале Мооса, хрупкая, излом раковистый. В кристаллах наблюдается спайность в двух направлениях. Плотность 2,40–2,88 г/см³, причем изменения плотности наблюдаются от месторождения к месторождению. Так, по данным Арема, плотность (в г/см³) бирюзы Ирана 2,75–2,85, США 2,6–2,7, Израиля 2,56–2,70, Синайского полуострова 2,81, Тибета 2,72, Бразилии 2,40–2,65. По данным М.И. Моисеева и др. [20], плотность бирюзы из различных районов Узбекистана 2,43–2,88 г/см³.

Бирюза двуосна, положительна, $2V = 40^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,65$, $n_m = 1,62$, $n_p = 1,61$. Средний показатель преломления массивных масс обычно около 1,62. Значения показателей преломления могут колебаться в зависимости от состава и степени измененности бирюзы в различных месторождениях и даже на участках одного и того же месторождения. Двупреломление 0,040.

Бирюза может люминесцировать в ультрафиолетовых лучах светло-голубым и желтовато-зеленоватым светом.

Месторождения бирюзы связаны с корами выветривания сульфидсодержащих пород с медью и фосфором. Бирюза образуется в кислой среде в окислительной обстановке. По данным В.П. Борискина и С.В. Кузьмина (1980 г.), концентрируется бирюза в участках с повышенной щелочностью и более восстановительными условиями среды. Такая обстановка создается в самых нижних частях гидрослюдистых и монтмориллонит-гидрослюдистых зон коры выветривания. Выделяется бирюза из коллоидных растворов, о чем свидетельствуют колломорфные натечные формы агрегатов бирюзы, в основном в районах аридного климата [11]. Часто месторождения связывают с осадочными и осадочно-метаморфическими породами — с циркуляцией по трещинам богатых кислородом и углекислым газом атмосферных вод, которые, просачиваясь через песчаники, разлагали органические минеральные вещества, содержащие медь, фосфор и глинозем. Иногда бирюза приурочена к кварцевым жилам и прожилкам.

Основные проявления бирюзы в СССР находятся в Средней Азии, где в настоящее время известно 40 проявлений бирюзы. Наиболее важные из них отмечены в Кураминском хребте (Бирюзакан, Унгурикан, Шаугая, Кальмакыр, Актуркан и др.) и в Центральных Кызылкумах (Букантау, в меньшей степени — Тамдытау, Ауминзатау, Каскыртау и др.). Имеются также проявления в г. Каратюбе (Ибрагимата, Самаркандык), Султануиз-

даге. На территории Средней Азии бирюза добывалась с глубокой древности, о чем свидетельствуют многочисленные древние выработки. По данным Т.И. Менчинской [17], среднеазиатская бирюза выделяется в виде прожилков, желваков, линз, вкрапленников, неправильных и узорчатых выделений. Цвет ее крайне разнообразен: синевато- и небесно-голубой со всеми переходами в зеленый, буровато-зеленый и бурый. Известна в Советском Союзе также бирюза в Армении, но в основном более низкого качества, чем среднеазиатская.

Самого высокого качества бирюза с глубокой древности и до настоящего времени добывается в Иране. Она находится северо-западнее г. Нишапур вблизи д. Мадан. Месторождение было известно под местным названием Shadadi. Работающие штольни расположены на южных и юго-восточных склонах горы Kuhe-Raies на высоте 1250 и 1575 м. Разрабатывается месторождение примитивным способом — бирюза извлекается вручную. Согласно калькуляции управления рудника, еженедельно извлекается 4—4,5 м³ руды, при этом из каждой тонны получают примерно 3,3 кг бирюзы, что соответствует 9 кг/м³. Бирюза, ассоциируясь с фауститом, опалом и сульфидами, находится в виде желваков или прожилков среди продуктов выветривания по трещинам в трахитах и трахиандезитах. Цвет нишапурской бирюзы небесно-голубой. Издавна выделяли три сорта бирюзы: первый, самый высокий — исхаки, второй — нишапури и третий — шбабеки.

С глубокой древности добывается бирюза и на Синайском полуострове (месторождения Сербит-Эль-Кхадим и Вадимахаре). Последнее до сих пор не потеряло практического значения. Известны месторождения бирюзы также в Тибете, Китае, Чили, Мексике, Бразилии, во многих штатах США (Виргиния, Невада, Аризона, Нью-Мехико), в Австралии.

Так как бирюза хорошего небесно-голубого цвета встречается довольно редко и в то же время всегда пользуется большим спросом, цены на нее всегда были довольно высокие, хотя и непостоянные. Цены на зеленую и светлую бирюзу гораздо ниже. В связи с этим издавна пытались различными способами усиливать голубую окраску бирюзы. М.И. Пыляев [26] пишет, что "бирюза вывозится продавцами из Персии в глиняных кувшинах с водою, такая моченая бирюза, по вынутии из воды, на несколько дней приобретает цвет лучший, чем в действительности имеет. Наши купцы не покупают бирюзу, покуда не высушат ее у продавца в ящиках за своими печатями". Бируни описывал способ усиления окраски путем пропитывания пористых светлых разновидностей бирюзы жирами и парафином. Такая окраска превращается в светло-серую, пятнистую после 15-минутного выдерживания подкрашенной бирюзы в бензине. Известны способы подкрашивания бирюзы путем выдерживания в аммиаке, мочево́й кислоте, берлинской лазури — $\text{KF}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, покрытием поверхности образцов анилиновыми красителями и др.

В США известен способ получения материала из слабоокрашенной бирюзы плохого качества путем измельчения ее, пропитывания смолами с последующим прессованием под высоким давлением. Твердость такой бирюзы не более 3, плотность 2,3 г/см³. Если к ней приложить раскаленную иглу, то появится запах горелой пластмассы.

Издавна за бирюзу выдавался одонтолит — $\text{Fe}_3 [\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, известный также под названием "костяная бирюза", представляющий собой окаменелые кости, зубы и бивни мамонтов и других животных. Распознавать одонтолит довольно просто: при небольшом увеличении хорошо видна ячеистая структура костей.

В качестве имитаций применяются различные минералы: фаустит, вартсит, хризоколл, прозопит, лазулит, шаттукит, от которых бирюза отличается твердостью, плотностью и прочими свойствами. Кроме того, в качестве имитаций бирюзы используются стекло, керамика, фаянс, фарфор, эмали, полистирол, эпоксидные и алкидные смолы.

Известны имитации бирюзы, специально синтезированные человеком. "Венская бирюза" получается в результате прессования фосфата алюминия, подкрашенного олеатом меди; отличается от бирюзы более низким показателем преломления и ярким зеленоватым цветом, появляющимся под действием соляной кислоты. Этими же свойствами обладает "неолит" — смесь бейерита и фосфата меди. Получали бирюзоподобные материалы сжатием гидроокиси алюминия с сульфатом меди, дегидратированного фосфата алюминия с фосфатом меди и др.

Особенно трудно стало диагностировать бирюзу после появления ее синтетического аналога. Первую синтетическую бирюзу получил в 1927 г. М. Гофман из сульфатов меди и алюминия, гидроокиси алюминия и кислого фосфорного натрия, а также из углекислой меди, гидроокиси алюминия и фосфорной кислоты.

Коммерческий же интерес получила синтетическая бирюза после разработки метода синтеза во Франции П. Жильсоном в 1972 г. Жильсоновская бирюза полностью идентична природной. Некоторые нюансы выявляются при электронно-микроскопических и спектроскопических исследованиях в ИК-области, несколько ниже показатель преломления (1,60).

Синтетическая бирюза, практически неотличимая от природной, получена в Советском Союзе [4].

Сподумен

Сподумен — литийсодержащий пироксен — $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, кристаллизующийся в моноклинной сингонии призматическом виде симметрии. Он является основной рудой лития. Название его связано с наиболее характерной для этого минерала серовато-белой окраской (от греч. *σποδομενος* (сподуменос) — пепельный). В качестве ювелирного камня сподумен стал применяться только с конца XIX в. после первых находок его прозрачных красиво окрашенных разновидностей. В 1879 г. в Северной Каролине (США) был найден сподумен изумрудно-зеленого цвета, названный гидденитом. Розовый сподумен из шт. Калифорния (США) кунцит впервые описан в 1902 г. Прозрачные бесцветные, желтые, желтовато-зеленые образцы обыкновенного сподумена (трифан) также могут применяться в качестве ювелирных камней.

Изумрудно- и голубовато-зеленая окраска гидденита связана с наличием ионов V^{3+} или Cr^{3+} , изоморфно замещающих ионы алюминия в струк-

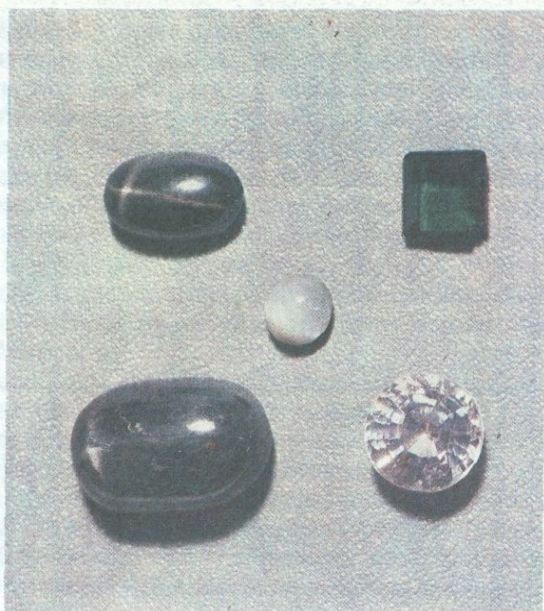


Рис. 46. Кунцит, крокидолит, диопсид и хромдиопсид

туре сподумена [24]. Розовая, фиолетово-розовая окраска кунцита связана с ионами Mn^{3+} (рис. 46). При облучении розовая окраска кунцита переходит в зеленую. Эта зеленая радиационная окраска обусловлена ионами Mn^{4+} , образующимися за счет ионов Mn^{3+} [24]. Многие сподумены, особенно слабоокрашенные, обесцвечиваются под воздействием солнечного света.

У всех сподуменов отчетливо выражен плеохроизм: цвет кунцита по *Nr* темно-фиолетовый или темно-розовый, *Nm* фиолетовый или розовый, *Ng* бесцветный; цвет гидденита по *Nr* изумрудно-зеленый, *Nm* голубовато-зеленый, *Ng* бесцветный. Это свойство сподуменов необходимо учитывать при их огранке. Для того чтобы получить наиболее яркую красивую окраску, площадку при огранке камня располагают почти под прямым углом к ребру призмы.

Сподумен оптически двуосный, положительный, $2V = 55-68^\circ$; $n_g = 1,662-1,689$, $n_m = 1,655-1,669$, $n_p = 1,653-1,670$, $n_g - n_p = 0,014-0,027$. Дисперсия 0,017. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности — перламутровый отлив. Твердость 6,5–7,5 по шкале Мооса. Плотность 3,16–3,20 г/см³. Спайность совершенная по {110}, по {100} наблюдается отдельность. Кунцит люминесцирует в ультрафиолетовых лучах желтым или оранжевым цветом.

Сподумен встречается в гранитных пегматитах в виде кристаллов иногда громадных размеров. Самый крупный кристалл сподумена массой 65 т, длиной 12,6 м и в поперечнике 13 × 2 × 1 м был найден в США в

ТАБЛИЦА 18

Диагностические свойства кунцита и его имитаций

Название	Плеохроизм	Показатели преломления	Двупреломление	Дисперсия	Блеск	Спайность	Твердость	Плотность, г/см	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Кунцит	Отчетливый	$n_g = 1,662-1,689$ $n_m = 1,655-1,669$ $n_p = 1,653-1,670$	0,014—0,027	0,017	Стекланный	Совершенная	6,5 7,5	3,16—3,20	Желтый, оранжевый
Аметист	Слабый	$n_e = 1,553$ $n_o = 1,544$	0,009	0,013	”	Несовершенная	7	2,65	
Воробьевит	”	$n_o = 1,590-1,600$ $n_e = 1,580-1,590$	0,008—0,010	0,014	”	”	7,5—8	2,80—2,90	Бледно-фиолетовый, яркий голубовато-белый
Топаз	Отчетливый	$n_g = 1,618-1,637$ $n_m = 1,610-1,631$ $n_p = 1,607-1,629$	0,003—0,010	0,014	”	Совершенная	8	3,50—3,57	Оранжево-желтый
Рубин	Слабый	$n_e = 1,765-1,776$ $n_o = 1,757-1,768$	0,008—0,009	0,018	”	Несовершенная	9	3,99—4,05	Красный
Турмалин (рубеллит)	Отчетливый	$n_o = 1,634-1,642$ $n_e = 1,616-1,624$	0,018	0,017	”	Весьма несовершенная	7—7,5	3,01—3,06	
Шпинель, природная и синтетическая	—	$n = 1,727$	В синтетической — аномальное	”	”	Несовершенная, у синтетической — совершенная	8	3,63	Красный
ИАГ	—	$n = 1,834$	—	0,028—0,038	Алмазный	Несовершенная	6,5—8,5	4,57—7,09	Различный
Фианит	—	$n = 2,1-2,2$	—	0,060	”	—	7,5—8	6—10	”
Стекло	—	$n = 1,47-1,77$	—	0,010	Стекланный	—	5—7	2,0—4,5	”

шт. Южная Дакота. Кунцит и гидденит встречаются довольно редко. Размеры их кристаллов ограничены тем, что они, вероятно, кристаллизуются в трещинах и пустотах пегматита в конце пневматолито-гидротермальной стадии развития пегматитового процесса (А.И. Гинзбург, 1957 г.). Крупнейший кристалл кунцита из шт. Калифорния (район Пала, США) массой 2200 г находится в Гарварде. К числу уникальных относятся бразильские кунциты, хранимые в Смитсоновском институте (880 кар) и в Минералогическом музее АН СССР. Самый крупный гидденит размером 3 × 0,6 см находится в Вене в Музее натуральной истории.

Крупнейшие месторождения кунцита расположены в США в шт. Калифорния (район Пала), Бразилии в шт. Минас-Жерайс, Демократической Республике Мадагаскар.

В последние годы открыто уникальное месторождение кунцита в Афганистане, где только в 1973—1975 гг. было добыто 1260 кг ювелирного сырья. Размер кристаллов ювелирного качества от 1 × 1 × 2 до 4 × 20 × 45 см. Цвет кунцита розово- и красно-фиолетовый, там же встречаются голубые, желто-зеленые, желтые, бесцветные прозрачные кристаллы сподумена.

Гидденит известен в шт. Северная Каролина (район Стоун-Пойнт, США), где он добывался с 1879 г. вместе с желто-зеленым, желтым и бесцветным сподуменом. Масса обработанных гидденитов из этого месторождения, как правило, не превышала 2 кар.

Обработанные кунциты при диагностике можно легко принять за воробьевит, розовый топаз, турмалин, рубин, шпинель и аметист, а также синтетический корунд и шпинель, ИАГ, фианит, стекло, от которых он отличается рядом свойств (табл. 18), прежде всего показателями преломления, поэтому диагностика кунцита, как правило, не вызывает большой трудности. Крайне редко встречаемый гидденит не следует принимать прежде всего за изумруд и хризоберилл.

Диопсид. Хромдиопсид

Диопсид — минерал из группы пироксенов, кристаллизующийся в моноклинной сингонии, призматическом виде симметрии; является крайним членом изоморфного ряда диопсид — $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ — геденбергит — $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Промежуточный член этого ряда — салит (ферросалит). Название произошло от греч. $\delta\iota\varsigma$ — двойной и $\omicron\rho\alpha\iota\varsigma$ — обличье. Известны также синонимы: малаколит от греч. $\mu\alpha\lambda\alpha\kappa\omicron\varsigma$ — мягкий и алалит — от названия р. Ала в Италии, в долине которой диопсид был впервые встречен. Геденбергит получил свое название в честь Людовига Геденберга, который впервые его описал.

Цвет диопсида серый, иногда бесцветный (см. рис. 46), с увеличением содержания Fe^{2+} становится зеленым. Красивого бутылочно-зеленого цвета прозрачные диопсиды являются ювелирным сырьем. Присутствие Fe^{3+} и Fe^{2+} окрашивает диопсид в голубой цвет, а если Fe^{3+} преобладает — то в желтый и коричнево-желтый. Существует несколько разновидностей диопсида: виолан — фиолетовый и голубой (цвет придает Mn^{3+}), шеффе-

рит — богатый марганцем, цинковый шефферит — богатый цинком и марганцем, джефферсонит — ферросалит, содержащий цинк и марганец, хромдиопсид — красивый ювелирный камень, который за изумрудно-зеленый цвет называют сибирским изумрудом, представляет собой хромсодержащую разновидность диопсида, лавровит — зеленый, содержащий до 2–4 % V_2O_3 , смарагдит — красивого изумрудно-зеленого цвета, замещенный в значительной степени роговой обманкой. Известны также диопсиды с эффектом "кошачьего глаза" и черные диопсиды с астеризмом, на которых при определенном освещении видна четырехлучевая звезда.

Диопсид часто встречается в виде призматических кристаллов различного размера. Академик В.М. Севергин описал очень крупные, хорошо образованные кристаллы из Прибайкалья (Слюдянка), названные байкалитом. Крупные ювелирные камни обычно не превышают 15–20 кар, реже больше. В Смитсоновском институте хранятся черные диопсиды из Индии: один с астеризмом (133 кар), второй с эффектом "кошачьего глаза" (24,1 кар), а также красивые прозрачные диопсиды — зеленый (19,2 кар) с о. Мадагаскар и желтый (6,8 кар) из Бирмы. В Американском музее натуральной истории находится зеленый диопсид массой 38 кар (США, шт. Нью-Йорк).

Агрегаты диопсида могут быть волокнистыми, при их обработке возникают бархатистый или перламутровый отлив.

Диопсид обладает стеклянным блеском. Спайность у него совершенная по призм $\{110\}$ с углом 87° , иногда по $\{010\}$ наблюдается отдельность. Твердость сравнительно невысокая — 5,5–6 по шкале Мооса. Плотность $3,27 \text{ г/см}^3$ у чистого диопсида возрастает с увеличением железа или хрома. Оптические константы изменяются в зависимости от состава. Показатели преломления диопсида: $n_g = 1,695\text{--}1,721$, $n_m = 1,672\text{--}1,701$, $n_p = 1,664\text{--}1,695$, $n_g - n_p = 0,024\text{--}0,031$; $2V = 50\text{--}60^\circ$; плеохроизм отсутствует. У хромдиопсида $n_g = 1,702\text{--}1,708$, $n_m = 1,680\text{--}1,686$, $n_p = 1,672\text{--}1,674$, $n_g - n_p = 0,028\text{--}0,031$; $2V = 55^\circ$; плеохроизм от желто- до изумрудно-зеленого. Показатели преломления геденбергита: $n_g = 1,741\text{--}1,751$, $n_m = 1,723\text{--}1,730$, $n_p = 1,716\text{--}1,726$, $n_g - n_p = 0,025\text{--}0,029$; $2V = 52\text{--}62^\circ$; плеохроизм от бледно- до коричнево-зеленого. Иногда в ультрафиолетовых лучах у диопсида наблюдается люминесценция голубого или желтовато-коричневого цвета.

Диопсид широко распространен в основных и ультраосновных изверженных породах, иногда в пироксеновых диоритах, сиенитах, долеритах, базальтах, в контактово-метасоматических образованиях, в метаморфических породах; обнаружен в галечниках (о. Шри-Ланка). Хромдиопсид встречается в ультраосновных — щелочных породах, кимберлитах, эклогитах, дунитах, в диопсид-ортоклаз-вермикулитовых жилах ультраосновных пород.

Красивые желтые диопсиды и зеленые камни с эффектом "кошачьего глаза" найдены в Бирме, бутылочно-зеленые и красно-коричневые — в Канаде (пров. Онтарио), бутылочно-зеленые (долина р. Ала) и фиолетовый виолан — в Италии, желтые — в Австралии и США (в штатах Калифорния, Иллинойс), желтые и уникальные темно-зеленые и черные диопсиды с астеризмом в виде четырехлучевой звезды — в Индии.

Изумрудно-зеленые хромдиопсиды найдены в Финляндии (Оуткумпу), в ЮАР (Кимберли). Уникальным является Инаглинское месторождение хромдиопсида на Алдане. Ювелирного качества хромдиопсиды с содержанием 0,2–3,5 % окиси хрома (Н.Л. Добрецов и др., 1971 г.) приурочены к диопсид-ортоклазовым, диопсид-ортоклаз-вермикулитовым и вермикулит-диопсидовым пегматитам, где они образуют различной величины (до 50 см в поперечнике) зеленые, желтовато- и густо-зеленые кристаллы (см. рис. 46), встречаются кристаллы с зональной окраской. Выход ювелирного хромдиопсида в различных месторождениях неодинаков. Наиболее перспективна центральная часть, в которой содержится темно-зеленый хромдиопсид (Г.П. Пацкевич, 1980 г.).

Кварц

Среди всех минералов кварц наиболее распространен в природе. Различные разновидности кварца с древних времен использовали в ювелирном деле. Кварц часто встречается в виде друз хорошо образованных кристаллов различного цвета, которые в естественном виде без дополнительной обработки являются прекрасными украшениями. Все многочисленные разновидности кварца могут быть разделены на кристаллические — горный хрусталь, дымчатый кварц, морион, аметист, цитрин, празмолит, розовый кварц, празем, кошачий глаз и др. и скрытокристаллические — халцедоны: хризопраз, сердолик, карнеол, сардер, сапфирин, плазма, геллотроп, кремнь, агат, оникс и др. Кроме того, в ювелирных изделиях применяют горные породы, состоящие в основном из кварца, — яшмы и кварциты.

Чистый кварц — это горный хрусталь, бесцветный и прозрачный, как вода. Различного рода примеси придают этому минералу самый разнообразный цвет. Кроме того, цвет кварца зависит от его происхождения и закономерностей строения (рис. 47): фиолетовые аметисты, синие и голубые халцедоны, зеленые моховики, плазма, празем и хризопраз, желтые и золотистые цитрины, оранжево-красные сердолики, розовый кварц, мясо-красные карнеолы, коричнево-дымчатые кварцы и черные морионы, и, наконец, широкий спектр кварцсодержащих горных пород — цветных яшм.

Отдельные разновидности кварца были известны еще древним римлянам и грекам, которые считали его замерзшим льдом. Теофраст называл горный хрусталь "кристаллосом" (от греч. *κρυσταλλος* — лед), который замерз настолько, что потерял способность таять. Плиний Старший в "Естественной истории" утверждает, что хрусталь "образуется действием сильного холода..." Академик А.Е. Ферсман [38] считает, что это предположение возникло при сравнении хрусталя с холодами альпийских высот, где встречается ряд прекрасных месторождений этого минерала.

По мнению Г. Банка [4], название этому минералу дали горняки в XV в. Возможно, оно произошло от нем. *govars* — вершина, так как кварц часто образует на поверхности возвышающиеся коренные выхо-



Рис. 47. Ограненные вставки из кварца разного цвета

ды — гривки. В 1529 г. Агрикола его впервые ввел в литературу по минералогии.

Кварц и его разновидности издавна использовались для практических целей. На древних стоянках первобытного человека, относящихся к эпохе мезолита (8—12 тыс. лет тому назад), обнаружены всевозможные орудия труда и охоты из горного хрусталя и кремня, а также из твердых кварцсодержащих горных пород — яшмы и кварцита. В Древнем Египте в 2000—1700 гг. до н.э. из красного халцедона — карнеола изготавливали вставки для инкрустаций. Минералы группы кварца и кварцсодержащие породы древние египтяне наделяли рядом мистических свойств. Так, аметисту и красной яшме приписывали свойства предохранять от злого рока и приносить счастье. В более поздние времена считали, что в горном хрустале заключена волшебная энергия, поэтому круглые прозрачные камни из хрусталя прикладывали к ранам. Яшма применялась при лечении лихорадки и эпилепсии и т.д.

Кристаллы кварца часто представляют собой изумительные по красоте друзы, жеоды, сростки, которые ценились с древних времен. Однако издавна люди стремились усилить блеск и красоту этого камня обработкой.

Искусство резьбы на цветных камнях — одно из древних видов обработки камня. Чаще всего материалом для инталий и камей служили различные разновидности кварца — сердолик, карнеол, оникс, празем, яшма, агат, аметист, сардер, халцедон, гелиотроп и горный хрусталь. Отшлифованные вставки из горного хрусталя, цитрина, аметиста, дымчатого квар-

ца, халцедона использовали для украшения предметов религиозного культа, а также оружия, одежды и предметов домашнего обихода. Эти изделия представлены в экспозициях Государственного Эрмитажа и в других музеях нашей страны.

В настоящее время кварц и его разновидности используются в ювелирных изделиях — для изготовления бус, брошей, перстней, кулонов, сувениров.

Кварц широко применяется и в технике. Очень ценно кварцевое пьезооптическое сырье, используемое в оптике, радиоэлектронике, полупроводниковой технике. Из кварца изготавливают призмы, подшипники и подпятники для точных приборов — часов, весов и т.п. В качестве отделочного материала используются яшмы и кварциты. Так, красным шокинским кварцитом украшен Мавзолей В.И. Ленина, красивыми яшмами — станции Московского метрополитена. Из агата изготавливают ступки для истирания горных пород.

Кварцевые пески издавна являлись ценным сырьем для получения стекла, в том числе и оптического. Кварц по праву называют "отцом стекла". Хрусталь, зеркальное стекло, оконное, бутылочное, оптические стекла, лабораторная посуда — все они сделаны из кварца с добавками извести и щелочей.

Свойство кварца выдерживать высокие температуры делает его незаменимым для изготовления жаропрочных кирпичей, применяемых в маргеновских и электроплавильных печах. Кварц используется в качестве флюса в ряде металлургических процессов, а также в абразивной промышленности. Кварцевый песок входит в состав кирпича, бетона, асфальта, он служит фильтром для очистки воды.

Кварц встречается на земном шаре повсеместно. Месторождения горного хрусталя известны в СССР (Урал, Казахстан и др.), Бразилии (штаты Минас-Жерайс, Гояс, Баия, Санта-Паулу), Демократической Республике Мадагаскар, МНР (Горихо и др.), КНР, Японии, США (штаты Арканзас, Нью-Йорк и др.), Канаде.

Месторождения аметиста встречаются в СССР (Урал, Кольский полуостров), Бразилии, Замбии, Намибии, Индии, Уругвае, США (штаты Аризона и Северная Каролина).

Розовый кварц обнаружен в СССР (Урал), Бразилии, США (штаты Южная Дакота, Нью-Йорк, Мэн), Индии, Японии, Демократической Республике Мадагаскар.

Месторождения хризопраза известны в СССР (Казахстан), ПНР (Нижняя Силезия), США (штаты Калифорния, Аризона), Австралии (шт. Центральный Квинсленд), Бразилии.

Агаты широко распространены в СССР, ФРГ, ГДР, Бразилии, Демократической Республике Мадагаскар, Намибии, Марокко, МНР и др.

Кварц представляет собой двуокись кремния — SiO_2 . В природе существуют две полиморфные модификации кварца: высокотемпературный β -кварц, кристаллизующийся в гексагональной сингонии, гексагонально-трапецеэдрическом виде симметрии, и низкотемпературный — α -кварц, с верхним пределом устойчивости 573°C , относящийся к тригональной сингонии, тригонально-трапецеэдрическому виду симметрии.

Ювелирные разновидности кварца относятся главным образом к низкотемпературной α -модификации.

Каркасная кристаллическая структура кварца состоит из кремнекислородных тетраэдров, расположенных спирально вдоль тройных осей, в связи с чем различают левые и правые энантиоморфные кристаллы кварца. Кварц — самый распространенный минерал в земной коре, он образует главную составную часть многих кристаллических и осадочных горных пород.

Кварц образуется как в магматическую стадию, так и в постмагматическую при развитии гидротермальных процессов, т.е. путем кристаллизации из горячих водных растворов при падении температуры. На стенках трещин в свободном пространстве нарастают кристаллы кварца — аметист, морион, горный хрусталь, цитрин и др. Кристаллы кварца образуются и в пустотах камерных пегматитов. Такие месторождения в СССР известны на Украине, в Казахстане и др.

Обычно размеры кристаллов достигают 2—4 см в поперечнике. Кристаллы большего размера относительно редки, однако иногда встречаются очень крупные, до гигантских. На о. Мадагаскар обнаружены кристаллы, окружность которых составляла до 8 м.

В Минералогическом музее Ленинградского горного института хранится огромный кристалл кварца длиной около 1,2 м, массой более 1 т, который долгое время использовался в качестве уличной тумбы в г. Свердловске.

Кристаллы кварца могут иметь самую разнообразную форму. Основные простые формы — гексагональная призма, ромбоэдр, тригональная дипирамида, трапецоэдр и др. Практически все кристаллы сдвойникованы по дофинеysкому (прорастание двух правых или левых кристаллов) или бразильскому (прорастание правого и левого кристаллов) закону. Двойники имеют общую тройную ось и внешне выглядят как единый кристалл. Индивиды в двойниках повернуты по отношению друг к другу на 180° . Реже отмечаются японские двойники сростания двух индивидов с углом между тройными осями около 90° .

Твердость кварца 7 по шкале Мооса. Спайность несовершенная по ромбоэдру. Излом раковистый. Плотность $2,654 \text{ г/см}^3$. Показатели преломления $n_o = 1,544$, $n_e = 1,553$, двупреломление: $n_e - n_o = 0,009$, дисперсия 0,013. Оптически одноосный, положительный. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

Кварц стоек к химическому воздействию, на него не действуют обычные сильные кислоты, растворяется только в плавиковой кислоте. Щелочи также практически не действуют на кварц. Температура плавления кварца 1570°C .

Для кварца характерны включения рутила, брукита, анатаза, актинолита, пирита, хлорита, сульфидов и других минералов, а также многочисленные газово-жидкие включения.

В результате осаждения на кристаллы кварца других минералов (чаще всего хлорита) внутри кристаллов иногда заметны контуры ранее существовавших граней — фантомы.

Горный хрусталь — бесцветный прозрачный кварц, встречающийся в виде хорошо развитых кристаллов, а в речных отложениях в виде отполированной в природных условиях гальки. Размеры кристаллов могут достигать нескольких метров. Горный хрусталь характеризуется высокой прозрачностью, после полировки приобретает хороший блеск. Это его свойство известно с глубокой древности. Древние мастера-ювелиры линзами из хрусталя расплавляли металл, а также использовали их при тонких работах. Народы Тибета применяли хрустальные шары при лечении ран (проходящие через кварц ультрафиолетовые лучи солнца убивают бактерии).

Из хрусталя вырезались сосуды, чаши и кубки, а отшлифованные прозрачные камни использовались в различных ювелирных изделиях и как украшения.

В природе встречаются кристаллики горного хрусталя очень похожие на бриллианты (со слабо развитыми гранями призмы и сильным блеском), поэтому их называли алмазами: в Крыму — крымскими диамантами, на Карпатах — мармарошскими диамантами*, во Франции — алансонскими алмазами и т.д.

Во Французских и Швейцарских Альпах часто встречаются альпийские жилы; для них характерны так называемые "хрустальные погреба" — большие полости, в которых развиваются очень крупные и чистые кристаллы горного хрусталя. Подобные хрустальные погреба встречаются и в нашей стране (Урал, Памир, Сибирь и др.) [2].

Аметист

Аметист представляет собой фиолетовую или бледно-красноватую разновидность кварца. Он известен с глубокой древности и является самым ценным в группе кварца. По старинным преданиям, аметист обладает сверхъестественной силой — приносит удачу, гарантирует постоянство, защищает от магии и болезней, предохраняет от опьянения. Слово аметист, очевидно, греческого происхождения и переводится как "непьющий".

В XVI в. на Руси аметист красноватого цвета называли "вареником" или "амефисом" и ценился он дороже рубина. В старинных русских книгах писали, что "сила этого камня такова: пьянство отгоняет, мысли лихие удаляет, добрым разум делает и во всех делах помощен. Аще кто этого камени изопьет, то неплодного плодным делает и окорм гасит, воинских людей от недугов оберегает и ко одолению приводит, и к ловлению зверей диких и птиц добре есть помощен. Амефис ускуромляет мощность и не допускает того, кто его носит, в памяти отходити".

* По данным В.И. Павлишина, "мармарошские диаманты" отличаются скелетным строением и образуются из среды с повышенным содержанием углеводородов, главным образом метана, и характеризуются отсутствием водородных дефектов. — Прим. ред.

Аметист — излюбленный камень церковников. Им украшали иконы, алтари, наперсные кресты и панагии.

Корона русской царицы Ирины Годуновой была кругом украшена огромными аметистами густого фиолетового цвета, которые чередовались с сапфирами.

Из кристаллов аметиста в древности изготовляли печати с гравировкой, а также украшения, ограненные в округлую форму (наподобие кабошона). В настоящее время аметист используют в качестве материала для огранки вставок для колец, серег, брошей, запонок, бус и т.п. Одновременно щетки мелких кристаллов аметиста, жеоды и миндалины применяют как сувенирно-поделочный камень. По классификации Е.Я. Киевленко (1973 г.), аметист относится к драгоценным камням IV порядка.

Окраска аметиста фиолетовая и может сильно варьировать от фиолетового с кровавым оттенком (Урал, шт. Северная Каролина) до сине-сиреневого (Жильский полуостров). Природа окраски аметиста обусловлена замещением четырехвалентного кремния трехвалентным железом с компенсацией заряда ионами натрия. На окраску аметиста влияет радиационное облучение [2].

Равномерно окрашенные кристаллы редки, чаще всего окраска усиливается к вершине кристалла. Аметисты отдельных месторождений (Бразилия, Саксония и др.) при искусственном освещении становятся серыми, неприглядными.

Под действием солнечного света аметист может выцветать. При нагревании до температуры 180–200 °С аметист обесцвечивается, но при охлаждении окраска восстанавливается. При нагревании до 300–500 °С цвет полностью утрачивается. Однако под воздействием γ -лучей окраска может быть восстановлена. При прокаливании аметиста при температуре более 500 °С образуется устойчивая желтая окраска и он переходит в цитрин, а при температуре более 600 °С появляется мутно-молочная окраска, имитирующая лунный камень.

Под воздействием продолжительного ультрафиолетового освещения окраска аметиста исчезает, но повторной обработкой γ -лучами и рентгеновским облучением можно восстановить и усилить его цвет.

В природе аметист встречается в виде вытянутых кристаллов, скипетровидных кристаллов, в двойниках и четверниках, друзах, щетках, сростках и параллельно-шестоватых агрегатах. Как правило, размер кристаллов от 5 до 100 мм по длинной оси.

Действующими техническими условиями Министерства геологии СССР предусматривается разделение аметиста на два сорта. К I сорту относятся кристаллы, имеющие выход бездефектной области от 75 до 100 %, а ко II сорту — 35–75 %. Масса кристаллов соответственно 1 и 0,5 г. Наименьший размер грани кристалла должен быть не менее 6 мм.

Для изготовления кабошонов используются кристаллы массой не менее 2 г с окраской различной интенсивности, допускаются газово-жидкие включения и трещины.

Аметистовые щетки и друзы площадью от 6 см² до 1 дм² относятся ко II сорту, а более 1 дм² — к I сорту.

Агатовые миндалины и жеоды с кварц-аметистовым выполнением

должны иметь размер не менее $2,5 \text{ см}^2$, бесцветный кварц не должен занимать более 25 % всей площади образца.

Аметист добывают из месторождений в ЮАР и Зимбабве. Известны агатово-аметистовые россыпи в Бразилии и Демократической Республике Мадагаскар. В Южной Америке ежегодно добывают от 3 до 15 т аметиста стоимостью около 300 тыс. долл.

В Советском Союзе месторождения на Урале с поверхности отработаны, нижние горизонты требуют перспективной оценки. Поделочный аметист в виде щеток встречается на Кольском полуострове, в Армении.

В последние годы аметисты открыты в Восточной Сибири. Кристаллы драгоценного камня очень крупные — до 20–30 см, с включениями битумов и пирита. Предполагается, что они образовались при температуре 330–400 °С.

В кварцевых жилах иногда встречаются бледно-сиреневые или фиолетовые образования аметистового кварца. Из этой породы вытачивают различные изделия — коробочки, шкатулки, украшения и т.п.

Дымчатый кварц

Цвет этой разновидности кварца дымчато-коричневый, часто его называют раухтопазом. Густота окраски обычно возрастает от основания кристалла к вершине, а дефектность (трещиноватость, включения и др.) уменьшается.

Природа окраски дымчатого кварца обусловлена изоморфным замещением четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием с компенсацией заряда ионами лития или натрия [21]. Черный цвет связан с алюминиевыми центрами дымчатой окраски и с дефектами кристаллической структуры. При нагревании до температуры 350 °С окраска полностью пропадает и кристаллы кварца становятся совершенно прозрачными под ультрафиолетовыми лучами и при солнечном освещении.

Окраска дымчатого кварца варьирует в довольно широких пределах: серая, серо-коричневая, бурая, коричневая, коричневая с фиолетовым оттенком, коричневая с золотистым оттенком, темно-коричневая. Совершенно темные разности дымчатого кварца называют морионом. Кварц-морион в изломе имеет черный смолистый цвет, в тонком слое (до 10–12 мм) бурый. Наиболее ценятся самые черные разновидности мориона. Для темных разностей дымчатого кварца характерен плеохроизм коричневого или красновато-коричневого цвета.

Дымчатый кварц с давних времен используют как украшение, в виде ограненных вставок для колец, кулонов, запонок, брелоков и т.п. Дымчатый кварц и морион относятся к ювелирно-поделочным камням (по классификации Е.Я. Киевленко).

Месторождения дымчатых кварцев довольно многочисленны, они встречаются повсеместно в трещинах и пустотах кварцевых жил, в миароловых пустотах пегматитов и иногда гранитов. Известны дымчатые кварцы из Швейцарских Альп, в США (штаты Калифорния и Сев. Каролина). Крупные месторождения дымчатого кварца расположены в Бразилии. На

Урале дымчатый кварц является непременным спутником драгоценных камней — топаза, берилла и аметиста. На Украине часто находят громадные кристаллы дымчатого кварца и мориона массой до нескольких тонн.

На дымчатый кварц распространяется ОСТ 41-128-77 "Ограночное сырье дымчатого кварца". К I сорту относятся кристаллы с размером бездефектной области $15 \times 15 \times 12$ мм. На ювелирно-поделочные разности мориона в сырье распространяются МРТУ 41-2-70 Министерства геологии СССР, к I сорту относятся кристаллы с размером бездефектной области $15 \times 15 \times 15$ мм.

Цитрин

Эта разновидность кварца получила название из-за лимонно-желтого цвета. Ювелиры часто называют золотисто-желтые цитрины "золотистым топазом", а буровато-желтые цитрины — "испанскими топазами". Это объясняется тем, что в ограненном виде окраска цитрина и топаза одинаковая. Топаз отличается от цитрина твердостью (у топаза выше), более четко выраженным плеохроизмом, большей плотностью и спайностью.

Большая часть поступающих в продажу цитринов представляют собой обработанные аметисты или дымчатые кварцы. Это достигается прокаливанием аметиста при температуре 500°C , после чего он приобретает устойчивый желтый цвет. В. Шуман утверждает, что при нагревании до 170°C бразильские аметисты становятся светло-желтыми, а до $550\text{--}560^\circ\text{C}$ — темно-желтыми до красно-коричневых.

Некоторые разновидности дымчатого кварца приобретают желтый цвет при нагревании до $300\text{--}400^\circ\text{C}$. У всех термически обработанных камней окраска более густая и заметен красноватый оттенок, природные цитрины обычно бледно-желтые. Нагретые до определенной температуры цитрины не имеют плеохроизма, а кристаллы с природной окраской показывают слабый плеохроизм.

Окраска цитринов обусловлена присутствием примесей трехвалентного железа, находящегося в структуре кварца в тетраэдрической позиции, или же связана с дефектами, возникающими при замещении четырехвалентного кремния на трехвалентный алюминий с компенсацией валентности за счет одновременного вхождения в структуру Li^+ и H^+ .

Цитрины встречаются довольно редко. Месторождения цитринов известны в Бразилии (штаты Баия, Гояс, Минас-Жерайс), Демократической Республике Мадагаскар, США (шт. Колорадо), Испании (Кордова), Франции и Шотландии. В СССР великолепные кристаллы цитринов винно-желтого цвета находили на Урале, хорошие цитрины обнаружены в Центральном Казахстане.

Прозрачные, хорошо окрашенные камни используются в таких ювелирных изделиях, как броши, серьги, кольца и кулоны. Менее привлекательные кристаллы идут на изготовление ожерелий, браслетов и др. Цитрин, как и аметист, по классификации Е.Я. Киевленко (1973 г.), относится к драгоценным камням IV порядка. Форма огранки прозрачных разновидностей цитрина бриллиантовая или комбинированная, непрозрачных — плоская, моховиков — кабошоны.

На цитрин Министерством геологии СССР создано МРТУ 41-2-70. К цитринам I сорта относят кристаллы размером $10 \times 10 \times 10$ мм, с размером бездефектной области от 75 до 100 % объема, ко II сорту — кристаллы того же размера, но с размером бездефектной области от 50 до 100 % объема.

Празиолит

Название этого луково-зеленого кварца произошло от греч. *πραϊος* (празинос) — луковый и *λιθος* (литос) — камень. В природе прازیолит не встречается, он представляет собой термически обработанный аметист или цитрин из месторождения Монтесума (Бразилия, шт. Минас-Жерайс). Аметисты и цитрины этого месторождения при нагревании до 500°C приобретают красивый зеленый цвет. Кристаллы прازیолита прозрачны.

Плеохроизм у прازیолита весьма слабый — от светло-зеленого до бледно-зеленого. Люминесценция отсутствует.

Кроме Бразилии кристаллы разновидностей кварца, пригодные для обработки в прازیолит, встречаются в месторождениях шт. Аризона (США).

По внешним признакам прازیолит похож на берилл, перидот и турмалин.

Розовый кварц

К прозрачной, редко встречающейся разновидности кварца относится розовый кварц интенсивно- или бледно-розового цвета. Этот минерал обычно мутноватый, часто трещиноватый, под воздействием солнечного света может выцветать. Очень часто в образованиях розового кварца встречаются включения рутиловых игл, что используется ювелирами при огранке этого камня. В ограненном камне в центре видна "звезда" с расходящимися во все стороны шестью или двенадцатью лучами [5].

Плеохроизм слабый — от розового до бледно-розового цвета. Розовый кварц в ультрафиолетовом свете слабо люминесцирует темно-фиолетовым цветом.

Наиболее известные месторождения розового кварца находятся в Бразилии, Демократической Республике Мадагаскар и ФРГ (Бавария). В СССР розовый кварц встречается в Казахстане, на Урале и др.

Розовый кварц используют в виде кабошонов в кольцах, ожерельях, бусах и других украшениях. Огранке подлежат только прозрачные образцы. Из мутных, непрозрачных разновидностей розового кварца изготавливаются и более крупные изделия — вазы, чаши и т.п.

Авантюрин

Под этим названием известны образования из мутного кварца различного цвета, содержащие множество мелких включений — чешуек других минералов. Чаще всего это чешуйки слюды, жильбертита или фуксита, которые

придают этому минералу сильный мерцающий блеск. Цвет такого авантюрина — темно-зеленый. Если включения кроме слюды содержат гётит, то цвет авантюрина красный или коричневый. Чаще всего авантюрин непрозрачный или полупрозрачный.

Авантюрин получил свое название от кварцевого авантюринового стекла (*ventura* — по-итальянски стекло), изготавливаемого с 1700 г. в г. Мурано (около г. Венеция). Авантюриновое стекло получили с конца XIX в. и у нас в России по технологии, разработанной Петербургским технологическим институтом. Авантюриновое стекло красно-бурого цвета с массой красноватых металлических блесков, представленных мелкими кристалликами меди. По красоте оно превосходит природный авантюрин, но значительно уступает ему по твердости.

Авантюрин применяется для различных украшений, камни гранят в виде кабошонов. Этот красивый камень очень популярен в Юго-Восточной Азии. Кроме того, из авантюрина делают вазы, шкатулки, столешницы и т.п. В Эрмитаже хранятся вазы и столы из уральского авантюрина, изготовленные в XIX в. В Геологическом музее в Лондоне имеется огромная ваза из уральского авантюрина, подаренная Николаем I руководителю английской геологической службы.

Месторождения авантюрина известны в Индии, Бразилии. В СССР этот камень добывался на Урале между Златоустом и Миассом, около Свердловска, а также на Алтае.

Кроме кварцевого авантюрина в природе нередко встречается не менее красивый полевошпатовый авантюрин, который называют солнечным камнем.

Празем

Компактный кварцевый агрегат луково-зеленого цвета. Его название произошло от греческого *πρασιον* — лук-порей. Это полупрозрачный светло-зеленый кварц, цвет которого зависит от наличия в нем мельчайших вкрапленных иголок роговой обманки — зеленого актинолита.

Празем используется для ювелирных украшений — брошей, ожерелий, браслетов. Камни гранятся в виде кабошонов.

Наиболее известны месторождения празема в Австрии (Зальцбург), ГДР, Англии, Финляндии и Бразилии. В СССР он встречается на Урале и Алтае.

Кошачий глаз. Тигровый глаз.
Соколиный глаз

Иногда кварц образует псевдоморфозы по срастаниям параллельно-волокнистых разновидностей роговой обманки, асбеста, крокидолита или лимонита. На параллельном изломе имеется сильный шелковистый блеск, который можно усилить огранкой в форме кабошона. В этом случае на верхней части камня появляется резкая светлая линия или дугообразное

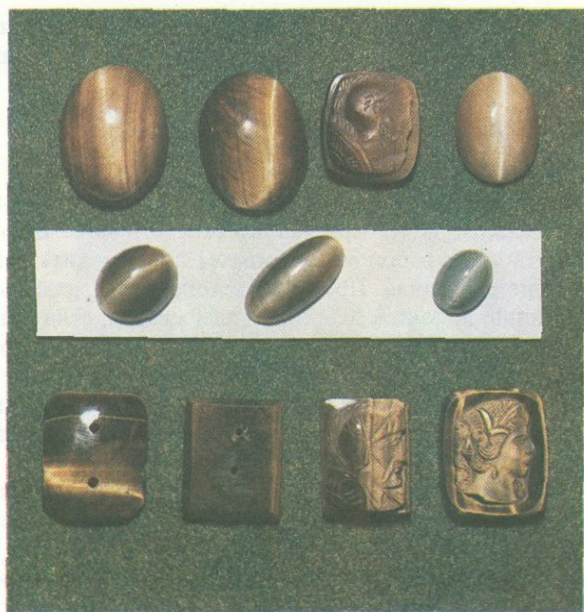


Рис. 48. "Кошачий", "соколиный" и "тигровый" глаз

сияние, напоминающее зрачок глаза животного или хищной птицы (рис. 48).

"Кошачьим глазом" называют подобные образования зеленого или желтого и коричневого цвета. Эффект сияния и цвет этого минерала вызван включениями роговой обманки или асбеста.

Наиболее крупные месторождения этого камня находятся на о. Шри-Ланка, где он встречается в россыпях драгоценных камней в виде гальки размером с грецкий орех. Наиболее ценятся камни буро-коричневые с голубоватым сиянием. В СССР эти удивительные камни попадают на Урале около г. Златоуста. Кроме того, месторождения "кошачьего глаза" есть в Индии, Бразилии и ФРГ.

"Соколиным глазом" называют сростания крокидолита (разновидности щелочной роговой обманки голубоватого цвета) с кварцем. Крокидолит представлен в виде игольчатых образований с прямолинейной, чаще волнистой волокнистостью. Цвет от голубовато-серого до голубовато-зеленого, что объясняется присутствием неизмененного крокидолита. В изломе наблюдается шелковистый блеск, плоскости иризируют. Месторождения этого минерала известны в ЮАР (на севере от р. Оранжевая) и Австрии (около Зальцбурга). В том случае, когда крокидолит не изменен, минерал имеет характерные зеленоватые или голубоватые тона.

"Тигровым глазом" называются псевдоморфозы кварца красивого золотисто-желтого или золотисто-коричневого цвета, вызванного развитием гётита по крокидолиту в результате окислительных процессов.

Волокнистые сростания кварца с другими минералами используют для изготовления ювелирных украшений. Камни гранят в виде кабошонов.

Халцедон

Кроме кристаллических разновидностей кварц встречается в природе в скрытокристаллическом виде. Кристаллическое строение такого кварца можно обнаружить только под микроскопом или выявить при помощи рентгеноструктурного анализа. Под микроскопом этот камень представляет собой тончайшие волокнистые кристаллы кварца, стянутые в сферолиты и расходящиеся радиально лучами из множества центров. Такие кварцевые образования называются халцедоном. Этот минерал встречается в породах, богатых кремнеземом в виде корок с гроздевидной или почкообразной поверхностью, а также в виде натечных полосчатых образований.

Халцедон не образует кристаллов; он полупрозрачен, блеск его слабый, восковой. Окраска халцедона гораздо богаче и разнообразнее, чем кварца (рис. 49).

А.Е. Ферсман классифицировал халцедон по окраске: обыкновенный халцедон — серый, желтоватый, голубоватый, хризопраз — изумрудно- и яблочно-зеленый, сердолик — красно-оранжевый, карнеол — красный, сардер — коричневый, сапфирин — молочно-синий, голубой, плазма — светло- и луково-зеленый, гелиотроп — темно-зеленый с красными крапинками, кремень — желтый, бурый, темный, с примесями глинистых, железистых веществ, кварца, опала и других минералов.

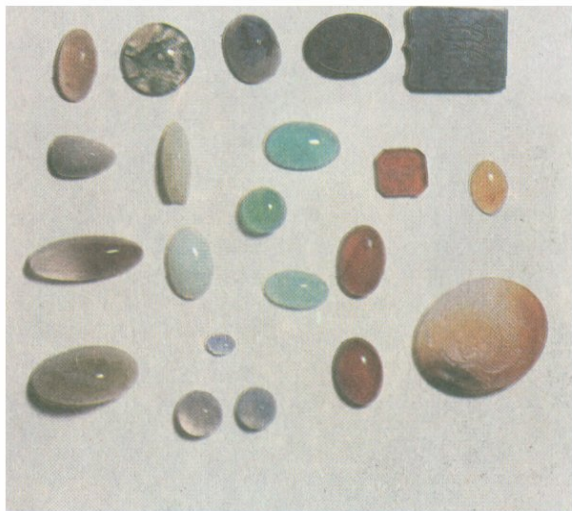
Полосчатые разновидности халцедона представлены *агатами* и *ониксами*. В агатах слои различной окраски расходятся концентрическими кругами причудливых волнистых очертаний, расположенных в основном параллельно друг другу. Камни с прямыми полосами и слоями называют ониксами или ленточными агатами (агатами уругвайского типа). Иногда в агате наблюдается тонкополосчатая слоистость с непередаваемой игрой цвета (рис. 50).

Название *халцедон* произошло, видимо, от названия древнего г. Халкедон, расположенного в районе Босфора. Обычный халцедон имеет голубоватый, белый, серый или коричневый цвет.

При больших увеличениях в халцедоне видны слоистость, многочисленные поры диаметром 0,1 мкм и трубчатые каналы, вытянутые вдоль волокон. Пористость обуславливает у халцедона более низкие, чем у яснокристаллического кварца, твердость, плотность и показатели преломления [21]: твердость 6,5–7 по шкале Мооса, плотность — 2,57–2,58 г/см³; показатели преломления: $n_o = 1,530$, $n_e = 1,537\text{--}1,539$, $n_e - n_o = 0,007\text{--}0,009$.

В халцедоне часто присутствуют окислы железа, марганца, хрома, титана, никеля и других элементов.

В древние времена из халцедона изготавливали украшения и предметы домашней утвари. Камеи из халцедона носили как талисманы, предохраняющие от душевных заболеваний и депрессии. В настоящее время из него



ис. 49. Ограненные вставки из халцедона разного цвета

вставки в виде кабошонов для ювелирных изделий. Халцедон имеет полировку, слегка просвечивает, что придает ему неперерасоту.

исленные месторождения этого камня встречаются в СССР, Индии, Уругвае, Австралии и других странах.

аз — самая ценная разновидность халцедона. Он красивого зеленого цвета. Окраска хризопраза зависит от примеси никеля, которого колеблется от 0,3 до 3,3 %. Цвет камня, как правильный — от белого до глубокого зеленого со всеми тончайшими между ними. Окраска может выцветать от продолжительного действия солнечного света, однако она восстанавливается, если камень во влажную среду.

окраска хризопраза может быть объяснена цветом геля — который находится в хризопразе, как показали электронно-мические исследования, между изометричными зернами размером [21].

ждения хризопраза впервые были обнаружены в XVIII в. не-Хоземица в Польше. Нежный цвет, красивый блеск и прекрас-вка сделали его одним из любимых ювелирами камней. В ружейной палате хранятся различные изделия, в отделке которого хризопраз. Вставки из хризопраза в настоящее время я в кольцах, кулонах и серьгах. Очень красив этот камень в елях и браслетах. Хризопраз гранится в виде кабошонов.



Рис. 50. Разновидности агата и вставки из него

Месторождения хризопраза расположены в СССР (Сарыку-Болды в Центральном Казахстане, в районе Кыштыма и Ревды на Урале), Польше (около городов Франкейштейна и Коземица, где он находится в змеевиках вместе с опалом), Австралии (Квинсленд), Бразилии, Индии, Демократической Республике Мадагаскар, США (штаты Аризона, Орегон, Калифорния).

Зеленая хризопразовая окраска может быть достигнута окрашиванием халцедонов и агатов. Один из методов распространения такого искусственного окрашивания — использование фильтра Челси, под которым хризопраз остается зеленым, а искусственно окрашенный халцедон — коричнево-красным.

Технические требования к хризопразу в сырье определены ОСТом 41-25-72 Министерства геологии СССР. Согласно ОСТу, хризопраз разделяется на пять сортов: экстра, высший, первый, второй и третий, что зависит от окраски камня и его размеров. К лучшим камням относятся куски хризопраза размером до 400 г. Допускаются дендриты гидроокислов марганца и наличие корок толщиной не более 5 мм. Хризопраз относится, по классификации Е.Я. Киевленко (1973 г.), к драгоценным камням IV порядка, его цена за рубежом 140—170 долл. за 1 кг.

Сердолик, или *карнеол*, — красноватая, желто-красная или оранжевая разновидность халцедона. Сердолик — слово русское, что значит радующий (или напоминающий) сердце. Название карнеол связано с окраской камня (от лат. *cognum* — кизил).

Сардер — бурая, коричнево-красная и коричнево-каштановая разновидность халцедона. Происхождение названия точно не установлено (возможно, от греч. *σαρδιος* — столица Лидии, откуда он попадал в Европу, Индию, Египет, или от греч. *сардион* — сорт рыбы с красно-коричневой тушкой).

Провести четкую границу между карнеолом и сардером сложно, так как между ними существует постепенный переход. Окраска красных халцедонов может быть объяснена присутствием бурых гелей гидроокислов железа, причем в темно-бурых частях его в три-четыре раза больше, чем в светлых.

С этим камнем связано немало различных поверий и легенд. В древности сердолику приписывали магические свойства, из него делали амулеты. На мумии Тутанхамона (XIV в. до н.э.) нашли различные изделия из сердолика: голову змеи (для защиты фараона от змей в потустороннем мире), подвески в виде сердца (олицетворяющие вечно живую душу), вырезанное изображение мифической птицы Мент с солнечным диском на спине и др. Сердолик — камень цвета крови, цвета жизни, в связи с этим древние народы Востока ему приписывали свойство оберегать живых от смерти и болезней, дарить счастье и покой.

На Руси этот камень был известен очень давно. Его старинное русское название "смазень" или "каднос". В средневековом "Азбуковнике" говорилось, что "сердолик красен аки кровь, прозрачен". Он "своим красноватым цветом напоминает огонь и кровь, изображает пламень веры". Поэтому из сердолика в России и Европе изготавливали печатки, перстни, кресты и кубки. Одновременно считалось, что он может содействовать возникновению любви и его носили как талисман.

В Турции и Персии большой популярностью пользовались перстни с сердоликом, на котором вырезали имя владельца. Такие украшения считались священной реликвией. Широко распространено было поверье, что сердолик предохраняет людей от болезней и улучшает настроение. Сердолик был одним из любимых камней арабов, считавших этот камень священным талисманом, на котором вырезали изречения из корана.

В Средние века сердолик разделялся на мужской — красно-коричневый и женский — розово-оранжевый.

В Средние века были широко распространены "Лапидарии" — книги о лечебных свойствах камней. В Закавказье и на Востоке в "Лапидариях" писалось, что сердолик оказывает "успокаивающее и умиротворяющее действие". Из этого камня рекомендовали готовить микстуры и порошки, а для улучшения зрения нужно было "подолгу лицезреть его".

В кипрском манускрипте V в. говорилось, что "этот камень... имеет лечебную силу: врачи им лечат опухоли и раны, полученные от меча. Для этого растирают его в воде и потом той водой натирают больные места, и раны излечиваются".

В магическую силу этого камня верили и в более поздние времена. В XIX в. кольца с сердоликом также воспринимались как талисманы. Так, у А.С. Пушкина было два перстня из сердолика — одно с камеей, а второе с инталией, которым он посвятил несколько стихотворений. В "Талисманы" он пишет:

"...от преступления,
от сердечных новых ран,
от измены, от забвенья
сохранит мой талисман!"

В нашем веке были проверены лечебные свойства сердолика. Предполагали, что этот камень отличается повышенной радиоактивностью, а потому оказывает стимулирующее воздействие на органические клетки. Однако точными исследованиями установлено, что радиоактивность этого камня не превышает радиоактивность лечебных грязей и некоторых минеральных вод. Тем не менее этот красивый камень, действительно, может улучшить настроение, так как им можно любоваться бесконца.

А.Е. Ферсман в классификации халцедонов различал среди красных разновидностей этого камня сердолики, карнеолы и сардеры, которые несколько отличаются по оттенкам. Так, собственно сердолик оранжевого, красного или реже ярко-желтого, карнеол — мясо-красного, а сардер — буровато-красного цвета. Кроме цвета между этими разновидностями нет особых отличий, поэтому их трудно различать.

В настоящее время из сердолика делают ювелирные украшения — вставки, ограненные в форме кабошона, кольца и перстни.

Месторождения сердолика известны в Индии, Бразилии и Уругвае. В СССР этот камень распространен в Крыму, Бурятии, Хабаровском крае (на р. Зея) и др. А.Е. Ферсман очень красочно описал Мулину гору у д. Мулина в Забайкалье, где в миндаликах вулканических пород встречаются цветные халцедоны, в том числе сердолики, сардеры и карнеолы.

Гелиотроп — непрозрачная, темно-зеленая разновидность халцедона с красными пятнами. Известен под названием "кровавый камень". По

средневековым поверьям, красные пятна представляют собой "капли крови Христовой", которая была пролита у подножия креста, поэтому этому камню приписывалась магическая сила. Плиний Старший писал о том, что если человек носит камень гелиотроп с цветком того же наименования, то при произнесении определенных заклинаний он может стать невидимым. Г.В. Банк пишет, что в средние века амулеты из гелиотропа надевали, чтобы остановить кровотечение. В легендах о самоцветах этому камню уделено большое внимание. Название "гелиотроп" указывает нам на свойство при погружении в воду отражать лучи солнца.

Из гелиотропа изготавливают украшения, мужские кольца, печати и т.п.

Месторождения гелиотропа известны в Индии (Пука, шт. Махараштра), Австралии, Китае, США (штаты Калифорния, Вайоминг).

Среди халцедонов встречаются разновидности с включениями чешуек и дендритов, чаще всего из хлорита, окислов марганца или железа. Дендритовые включения, сферолиты и чешуйки минералов зеленого цвета образуют *моховой агат*, или *моховик*, узоры хлорита в нем порой причудливых очертаний и напоминают лесные пейзажи, дремучие заросли ветвей или таинственные водоемы. Марганцевые дендриты черного цвета, разветвляясь по трещинам халцедона, чаще всего напоминают ветви деревьев или кустов, а также образования, подобные тонким морозным узорам на стекле. Такие халцедоны назывались *моккским камнем*.

Такие великолепные по красоте дендриты издавна привлекали внимание людей и вызывали у них таинственные мистические образы. В XVIII в. моховики и моккские камни считали следами затвердевших соков или фантастическими растениями, проросшими внутри камня, или продуктами землетрясений. Эти камни пользовались большим успехом в Индии и других странах Востока. При огранке этих камней стараются наиболее красиво и полно выделить участки камня с дендритами (см. рис. 49). В связи с большим спросом в Китае умело имитировали дендритовые образования из стекла.

Наиболее известные месторождения дендритовых халцедонов расположены в Индии. Хорошие образцы можно обнаружить на Урале и в других районах. На рис. 49 показаны образцы ограненных халцедонов с дендритами.

Очень красивы *агаты* и *ониксы*. Агаты бывают кольцевые (глазчатые), крепостные — напоминающие очертания крепости в плане, пейзажные, полосчатые (см. рис. 50).

Название агат получил от р. Агатос на о. Сицилия, где с давних времен часто находили этот минерал.

Агат — один из самых красивых камней среди халцедонов. Нарядная полосчатость, образованная слоями шириной от долей до нескольких миллиметров, тонкие цветковые переходы, насыщенная палитра окраски этого камня — все это делает его крайне привлекательным. Различные изделия из агата известны с глубокой древности: в гробницах около Алушты обнаружены бусы из агата, относящиеся к V в. до н.э., около Симферополя в скифских захоронениях III в. до н.э. находили ожерелья из халцедона, агата, оникса и др. В античные времена агат использовали для изготовле-

ния резных печатей, гемм и украшений, чаш, ваз, кубков, рукояток для ножей, табакерок, шахматных фигурок и т.п. В настоящее время агат используется в ювелирном деле, а также из него изготавливают опорные камни в приборах, подпятники, втулки, ступки, пестики и т.п.

На Урале встречается особая разновидность уральского агата — переливт, в котором слои халцедона как бы "текут" причудливыми струями и полосами, а цвет переливается от белого и голубоватого до желтоватого, оранжевого и красного. Особую известность получил шайтанский переливт — очень красивый узорчатый многоцветный камень. Из этого камня делают шкатулки, броши, вставки для колец, кулоны; кроме того, он применяется в технике.

Слои халцедона и агата отличаются твердостью и пористостью, поэтому проницаемость их неодинакова. Это свойство агатов было известно еще в глубокой древности и мастера-камнерезы умело подкрашивали камень для получения более красивого цвета и оттенков. В Древней Индии и Китае получали густо-черный агат путем пропитывания камня раствором меда с последующим прокаливанием на огне. Плиний Старший в "Естественной истории" пишет о том, как в Аравии агатовые миндалины вываривали в меду в течение семи суток, а затем обрабатывали серной кислотой. В более поздние времена научились окрашивать агаты в красные, зеленые, коричневые, синие и другие цвета. Так, синюю окраску получают, пропитывая агат раствором красной кровяной соли, а затем обрабатывая его азотно- или серноокислым железом, красную окраску или зеленую — обрабатывая агаты раствором азотнокислого железа или хромовых квасцов с последующим обжигом. В XV в. в районе Идар-Оберштейна (ФРГ) были построены первые агатовые мельницы (фабрики), на которых осуществлялась обработка агата. В начале XIX в. там научились окрашивать агаты сначала в темный цвет, а в середине века в красный, зеленый, синий.

Окрашивают халцедоны и агаты и в настоящее время. При этом используют и древние методы — пропитку и прокаливание, и современные способы — облучение нейтронами, электронами и другими частицами с высокой энергией.

Месторождения агатов распространены повсеместно. Особенно богатые месторождения находятся в ФРГ (Идар-Оберштейн), в южных районах Бразилии, в Индии, Мексике и Уругвае. В СССР агаты известны на Урале, в Забайкалье (Тулдунское), Крыму, на п-ове Тиман, в Армении и Грузии, на берегах северо-восточных рек (Кремянское, Ольское) и в других местах.

Происхождение агатов связано с вулканогенными комплексами пород: лавами, туфами, туфобрекчиями, где образуются миндалины. В пустотах возникают слои различного цвета, вследствие диффузии растворов через коллоидное гелеобразное вещество, представленное кремнеземом; при этом происходят явления, напоминающие образование колец Лизеганга.

На ювелирно-поделочный агат распространяется ОСТ 41-25-75, в соответствии с которым он разделяется на высший, первый, второй и третий сорта, в зависимости от минимального размера камня и его качественной характеристики.

Агатовые миндалины могут быть трех сортов в зависимости от размера. На технический агат распространяется ГОСТ 15519—70, согласно которому он разделяется на три сорта в зависимости от размера (в квадратных сантиметрах) годной части камня. Минимальный размер камня I сорта 25 см², II сорта 12 см², III сорта 6 см².

Оникс в древности на Востоке считался несчастливым камнем. Арабы называли его "джаз", что в переводе означает печаль или скорбь. Йеменские народы добывали оникс и старались побыстрее его продать, так как, по их поверьям, этот камень напоминает глаза мертвой женщины. В Китае к копиям, где добывали ониксы, из-за боязни "дурного предзнаменования" люди старались без особой надобности не приближаться.

Народы Кавказа и Греции относились к ониксу более доброжелательно. В средневековых "Лапидариях" писали, что "вид у оникса удивительный, вся окружность его бела, как слоновая кость и мрамор", в армянской рукописи написано: "имя ему слоймани, т.е. слоистый, у него один слой белый, другой черный. Он очень тверд в работе. У франков пользуется этот камень большим уважением". Считалось, что оникс может добыть только "чистый сердцем человек". Оникс шел на изготовление гемм, брошей, амулетов.

В настоящее время оникс вставляют в кольца, браслеты и другие ювелирные изделия.

Ониксы сложены плоскопараллельными слоями различно окрашенного халцедона, контрастными по цвету; сочетания полос черного и белого цвета наблюдаются в арабском ониксе, бурого и белого — в сардониксе, красного и белого — в карнеолониксе, белого и серого или синеватого — в халцедонониксе, сочетание полос любых других окрасок — в обыкновенном ониксе.

Яшма

Среди многочисленных разновидностей кварцевых образований есть одна, вобравшая весь спектр солнечного света — желто-красная, красная, оранжевая, желтая, зеленая, голубая, коричневая, фиолетовая, почти черная и белая. Такой полной палитры красок не знает ни один камень в мире. "Я не знаю другого минерального вида, который был бы более разнообразен по своей окраске, чем яшма; все тона, за исключением чисто синего, нам известны в яшме и переплетаются они иногда в сказочную картину", — так писал о яшме академик А.Е. Ферсман в книге "Рассказы о самоцветах". Богатство красок, разнообразное сочетание оттенков создают великолепные рисунки, на которых с небольшой долей воображения можно увидеть и горные пейзажи, и предзакатное небо, и бурную морскую даль. А.Е. Ферсман писал: "Вот бушующее море, покрытое серовато-зеленой пеной... На горизонте, сквозь черные тучи, пробивается огненная полоса заходящего солнца. Вот какой-то хаос огненно-красных тонов, кто-то бешено мчится среди пожара, и черная фигура всадника резкими контурами выделяется на фоне пламени. А вот мирный осенний ландшафт: голые деревья, чистый первый снежок, кое-где еще остатки зеленой травы..."

О пейзажной яшме можно писать бесконечно, ее разнообразная красота беспредельна и безгранична.

В древности на Востоке твердые камни зеленого цвета называли иешми, яшм или яшаб. А.Е. Ферсман пишет: "Один думает, что оно происходит от греческого слова "ятро" — лечу, другие — и это, вероятно, более правильно — связывают его со звуками названия нефрита в Китае — "ю-ши" [37, с. 154].

В древней литературе понятие "яшма" имело собирательный характер. Все твердые, пестроокрашенные камни назывались яшмами, в том числе и нефрит, вулканические породы — порфиры, роговики, кремни и др. В XIX в. яшмой стали называть только кремнистые твердые горные породы, хорошо полирующиеся.

Яшма представляет собой горную породу, содержащую значительные количества кварца, который может входить в яшму в любом проявлении.

Специалисты по поделочным камням относят к яшмам любую твердую горную породу с микротонкозернистой структурой, с красивой декоративной окраской или рисунком. Непременное требование к яшмам — способность хорошо полироваться.

Г.П. Барсанов и М.Е. Яковлева [5] разделяют яшмы на две группы: 1) собственно яшмы — породы богатые кварцем и халцедоном, связанные генетически с вулканогенными и эффузивно-осадочными формациями; 2) яшмовидные горные породы, крепкие, плотные, хорошо полирующиеся, различного генезиса, богатые или лишенные кварца и его разновидностей.

По мнению И.В. Хворовой, происхождение собственно яшм связано с вулканической деятельностью, но процесс образования этой породы происходит локально, прежде всего в зонах эффузивного вулканизма, причем там, где широко проявилась "спилитизация". По мнению А.Е. Ферсмана, алтайские яшмы обязаны своим происхождением вулканической деятельности лав — порфиров различного состава. Возможны и другие пути образования яшмы — при процессах метаморфизма глин, кварцитов и других кремнистых пород, но при этом обязательно воздействие высоких температур и огромных давлений.

Условия образования, исходные материалы, параметры кристаллизации — температура и давление — все это предопределило огромное количество разновидностей яшм. Названия яшмам дают прежде всего по характеру окраски: при этом выделяются яшмы одноцветные (серые, зеленые, голубые, красные, фиолетовые и др.), полосчатые, имеющие самые разнообразные цвета, волнистые и пестроцветно-крапчатые, брекчиевидные, глазчатые, копчатые и др. Различаются яшмы по характеру образования: чаще всего встречаются массивные яшмы, представляющие собой сплошные образования этой породы, однако иногда встречаются красивые скопления яшмы в виде почек и шаров. К ним относятся шары из красной яшмы месторождения в Аугене (Саксония, ГДР), "нильский голыш", встречающийся в каменистой пустыне около долины Нила. Кроме того, яшмы различают по внешнему сходству с привычными нам понятиями: сургучная, фарфоровая, кофейная, кирпичная и т.д.

Высокая твердость этого камня, а также способность откалываться и

образовывать очень тонкие и острые режущие кромки давно были замечены человеком, который использовал яшму для бытовых и хозяйственных нужд.

Первоначально яшмы и кремни добывали с поверхности земли. Однако уже 3—4 тыс. лет тому назад начинается добыча камня под землей.

В Древнем Египте из яшмы изготовляли печати в виде цилиндров, позднее геммы и амулеты.

Яшме приписывали магические свойства. В Европе яшму считали средством от эпилепсии и лихорадки. В России любили цветные яшмы и им также приписывали необыкновенные свойства. О красной яшме и агате писалось в торговых книгах XVI в.: "Красный камень сердце отвеселит и кручину и неподобные мысли отгонит, разум и честь умножает, силу и память человека врачует".

В XVIII в. роль яшмы как материала для различных изделий и строительства возрастает. При Петре I строительство Петербурга потребовало больших количеств цветного камня. Для обеспечения возрастающих потребностей в Петергофе, затем в Екатеринбурге, а позже на Алтае (Колыванская) открывают первые гранильные фабрики. Изделия русских камнерезов из яшмы прославились на весь мир и неоднократно завоевывали призы на международных выставках.

Месторождения яшмы встречаются повсеместно, однако наибольшую известность получили яшмы Урала и Алтая. На Урале яшмовый пояс тянется с севера на юг. Самые известные месторождения расположены около г. Орска. Собственно Орское месторождение представляет собой пластобразные залежи пестроцветной пейзажной и ленточной яшм на диабазах. Пестроцветные яшмы имеют форму линзообразных тел мощностью 0,2—3 м длиной до 40 м, на горе Полковник — неправильных, жилообразных тел. Минеральный состав (в мк) орских яшм: зерна кварца размером 2—10, реже до 40, гранат в зернах размером до 1—3, гематит в пылевидном состоянии, магнетит в виде октаэдров размером до 15—20 (в полосах свекольного цвета).

В 1,5 км к западу от горы Полковник расположено Западное месторождение. Яшмы розовые до красного цвета с участками, похожими на капли крови. Состав яшм несколько иной: кварц, гранат (до 20 %), гематит (до 2 %), пирит, актинолит, хлорит. В 34 км к югу от горы Полковник находится Анастасьевское месторождение яшм, представляющее собой систему мелких линз длиной до 20 м и мощностью до 4 м. Яшмы красного цвета с неоднородной структурой. В составе яшм количество гематита увеличено до 5 %. Очень красивы яшмы Калиновского месторождения, расположенного в 30 км на север от горы Полковник. Здесь залегают ленточные яшмы, у которых темно-красные слои чередуются с зелеными. В состав яшм входит (в %): граната до 13, гематита до 1, пирита до 1, кварца до 8,5.

В северной части Башкирии расположена Миасско-Учалинская группа яшмовых месторождений. Основные — Старомуйнаковское (к югу от г. Миасса), представленное ленточными сургучными, пятнисто-полосчатыми и ситцевыми яшмами. Мощность линз до 8 м, длина до 7,5 м. В состав этих яшм входят (в %): кварц, гранат (до 18), эпидот (до 14), амфибол

(до 8), пирит и гематит. Второе по величине месторождение этой группы — Наурузовское, расположенное на северо-запад от г. Верхне-Уральска. Яшмы залегают линзами размером до 100—120 м или пластами. Яшма ленточная — темно-вишневые и темно-красные полосы мощностью 1—10 м чередуются с темно- и серо-зелеными.

Недалеко от Нижнего Тагила находится Кушвинское месторождение белой яшмы с красными участками или тонковолокнистыми жилками красного цвета. В ее составе (в %): халцедона более 70, пумпеллиита 17, каолинита 5, хлорита 4 и пирита 2.

Яшмовидные породы также широко распространены на Урале. Самое северное месторождение — Аушкульское около г. Миасса. Здесь яшмы разрабатывались с XVII в. Цвет аушкульской яшмы — цвет старой слоновой кости с нежными ветками марганцевых дендритов. В составе ее (в %): кварца 25, альбита 43, калиевого полевого шпата 25 и гибсита 7. Севернее Аушкульского месторождения расположена д. Мулдакаево, где в 1929 г. был открыт карьер для добычи яшм. Здесь добывают серо-синюю, кроваво-красную, кирпичную и черную яшму.

В Эрмитаже имеется множество ваз, шкатулок и других изделий, изготовленных из этих яшм. По своему составу эта яшма похожа на роговик; в ней содержится (в %): кварца 60, амфибола 15, альбита 25, присутствуют гранат, сфен, магнетит.

К югу от Аушкульского месторождения расположены озера Учалинской группы. Около одного из них в горе Сабинда находится знаменитое месторождение калканской яшмы обычно серо-зеленого цвета. Из этой яшмы раньше изготавливали великолепные вазы и чаши, а в настоящее время из них делают химические ступки, валы для обработки кож и др. В состав этой яшмы кварц не входит. Она является туфом порфирита, подвергнувшегося альбитизации, актинолитизации, эпидотизации и прениитизации. В ее состав входят альбит, пироксен, стекло, хлорит, эпидот, прениит и актинолит.

На рис. 51 показаны различные виды яшм СССР.

На Алтае находится ряд месторождений яшм II группы. Прежде всего следует отметить ревневские яшмы, расположенные в 25 км на восток от г. Змеиногорска. По своему составу эта яшмовидная порода представляет собой роговик, образовавшийся из сланцев и алевролитов. Яшма очень красивая — с зеленоволнистым рисунком или парчевая с пятнами фиштаккового или желтого цвета. В состав этой породы входят (в %): кварц (8—46), альбит (27—55), калиевый полевой шпат (8—24), эпидот, актинолит, диопсид (10—20).

В 13 км на юго-восток от г. Змеиногорска расположено Гольцовское месторождение яшмовидной породы. Яшмы серые, зеленоватые, голубоватые, однотонные, иногда полосчатые или пятнистые. В ее составе (в %) кварца (халцедона) 35, альбита 20—30, адуляра 11—15, эпидота 3, граната 6—10 и актинолита 8—13.

Около Лениногорска находится Риддерское месторождение яшмовидной породы. Яшма светлого цвета — серого, розового, зеленоватого; в ее составе (в %) кварц (до 30), хлорит, альбит, цоизит и другие минералы. На р. Коргон залегают копейчатые, сургучные яшмовидные порфиры серо-



Рис. 51. Яшмы:

верхний ряд — орская (Западное месторождение), ревневская (алтайская); средний ряд — калканская, орская (г. Полковник), аушкульская (Урал), идживанская (Армения); нижний ряд — старомуйнаковская (сургучная), орская (Анастасьевское месторождение), риддерская (алтайская)

фиолетового и красного цвета, а также цвета слоновой кости с дендритами. Около Колывани расположено Черепанихинское месторождение сургучной яшмы темно-красного цвета с белыми прожилками кварца.

Алтайские яшмы использовались Колыванской гранитной фабрикой для изготовления ваз, чаш, торшеров, колонн, столешниц и других изделий.

Кроме перечисленных месторождения яшмовидных пород имеются в Крыму (Карадагское), Восточной Сибири (на р. Нижняя Тунгуска), Армении (Идживанский район) и в ряде других районов нашей страны.

За рубежом крупные месторождения яшмы известны в США (штаты Калифорния, Орегон, Айдахо, Монтана, Вайоминг), Японии, ЧССР, ГДР, Индии, Венесуэле.

Яшма использовалась и в строительных работах. В XVIII в. в Царском-сельском дворце в г. Пушкин под Ленинградом были сооружены "агат-вые комнаты"; одна была отделана яшмой, а вторая "мясным агатом". Для яшмовой комнаты была использована малиново-бурая темно-ленточная яшма, а для агатовой — красная, которую на Урале называли "мясным агатом". Двери комнат инкрустированы зеленой и красной яшмой. Разнообразные красивые вазы из яшмы, изготовленные Екатеринбургской и Колыванской фабриками, дополняли интерьер комнат.

Большой интерес представляют мозаичные полы и отдельные архитектурные детали из яшмы и агата в Благовещенском соборе Московского Кремля, в Китайском дворце в Ораниенбауме под Ленинградом, каминные из серо-фиолетовой яшмы работы Колыванской фабрики в Гатчинском дворце под Ленинградом и в других исторических сооружениях XVIII и XIX вв.

В настоящее время яшма играет значительную роль и в технике. Калканская яшма представляет собой отличный материал для изготовления ступок и истирателей, валов для обработки кожи, шаров для шаровых мельниц, подпятников, пестиков и т.п. Однако в основном яшма используется для изготовления ювелирных украшений, скульптур и в зодчестве.

Технические требования к яшме изложены в ОСТе 41-117-76 Министерства геологии СССР. В соответствии с ним предусмотрены следующие сорта яшм.

Яшма пейзажная размером не менее $100 \times 100 \times 100$ мм — высший сорт, а при наличии 50 % больших однотонных участков куски размером не менее $150 \times 100 \times 100$ мм — I сорт.

Яшма полосчатая (пятнистая) кушкульская, ревневская, сафаровская, риддерская, коргонская, гольцовская с размером кусков не менее $150 \times 100 \times 100$ мм — I сорт.

Яшма однотонная (аушкульская, мулдакаевская) с размером кусков не менее $150 \times 100 \times 100$ мм — I сорт.

Яшма техническая (калканская, казачинская) с размером кусков $200 \times 200 \times 100$ мм — I сорт.

Лазурит

Этот прекрасный ярко-синий камень, подобный темному южному небу, усыпанному золотыми звездами, используется человеком с давних времен. В V—I вв. до н.э. его называли сапфиром. Плиний Старший писал в "Естественной истории": "Сапфир также сверкает пятнами, подобными золоту. Он тоже лазурного цвета...". Современное название этого минерала — лазурит появилось в XVIII в. В древние времена сложными путями этот камень из Афганистана попадал в Китай, Египет, Византию и Рим. В Италии его называли *lapis lazuli*, во Франции — *pietre d'azur*. Ляпис-лазурью обычно называют минеральный агрегат, состоящий из зерен лазурита, кальцита, диопсида, слюды, роговой обманки и пирита. По своему составу собственно лазурит является алюмосиликатом сложного состава, он входит в группу содалита. Его химический состав отвечает формуле $(\text{Na})_8 [\text{AlSiO}_4]_6 [\text{SO}_4]$. Минерал кристаллизуется в кубической сингонии, кристаллы его встречаются очень редко и представлены комбинацией граней куба и ромбододекаэдра, чаще всего лазурит образует плотные зернистые массы.

Блеск лазурита стеклянный, матовый. Спайность у кристаллов совершенная по {110}, излом неровный. Твердость 5,5–6 по шкале Мооса. Хрупок. Плотность 2,38–2,42 г/см³. Показатель преломления $n = 1,50$. В ультрафиолетовых лучах иногда люминесцирует слабым оранжевым



Рис. 52. Образец лазурита и вставки из него

цветом. Цвет варьирует от нежно-бирюзового до ярко-синего и фиолетового. В лазурите из Бадахшана (Афганистан) сияют золотые искорки вкраплений пирита. Лазурит с берегов оз. Байкал — синий камень разных оттенков с белыми пятнами и полосами, сплетающимися в красивые узоры. Ювелирный лазурит представляет собой полиминеральный агрегат, в котором зерна лазурита тесно срастаются с другими минералами. Зерна имеют изометрические или вытянутые, извилистые очертания.

Окраска лазурита зависит от присутствия серы, которой в ярко-синем минерале содержится 0,5–0,7 %. При нагревании лазурит становится более густого темно-синего цвета. В армянских книгах XVII в. написано, что "настоящий драгоценный лазурит только тот, который десять дней может пробыть в огне, не теряя своего цвета". А.Е. Ферсман писал: "Яркий и сверкающий при дневном свете, лазурит становится темным и мрачным при свечах и электричестве. Недаром его красота ценилась больше всего на юге, где роскошь и пышность убранства была рассчитана на солнечный свет. Однако байкальский лазурит хорош и при вечернем освещении, в нем к синему цвету примешиваются фиолетовые оттенки, хорошо гармонирующие со светлыми пятнами известняка и слюды".

При воздействии кислот лазурит разлагается, выделяя сернистый газ. В Древнем Египте, Китае, Месопотамии, Средней Азии, а также в Древней Греции и Риме из этого камня изготавливали украшения, амулеты, статуэтки, он также шел на приготовление ярко-синей краски. Известен был лазурит и в Древней Руси.

В эпоху Ренессанса из лазурита вырезали чаши, вазы и другие декоративные изделия. Однако он по-прежнему считался редким камнем, так как его добывали только в Афганистане. Но в 1785 г. лазурит был найден около оз. Байкал. В 1851 г. было открыто семь коренных месторождений лазурита в верховьях р. Слюдянка и на р. М. Быстрая. Этот камень образуется в содержащих самородную серу доломитовых мраморах в результате натриевого метасоматоза и процессов десиликации гранитных пород, находящихся в виде будин среди мраморов.

В России из лазурита в XVIII и XIX вв. изготовлялись прекрасные вазы и столешницы, которые хранятся в Государственном Эрмитаже.

В наше время из лазурита делают различные украшения: кольца, броши, серьги, кулоны, бусы, пепельницы и т.п. (рис. 52).

На ювелирный и поделочный лазурит имеются ОСТ 41-15-71 и ОСТ 41-25-72 Министерства геологии СССР. К ювелирным сортам относится плотный лазурит темно-синего, василькового и фиолетового цвета. Среди них различают высший, I, II и III сорта с минимальными размерами камня для высшего сорта $15 \times 15 \times 15$ мм, а для остальных сортов — $10 \times 10 \times 10$ мм. В I, II и III сортах допускаются пятна белого, голубого и серого цвета не более 5, 10 и 15 % от площади поверхности камня соответственно. Вкрапленность пирита не считается дефектом.

За рубежом лазурит добывают в Афганистане (провинция Бадахшан в горах Гиндукуша). Запасы этого месторождения составляют более 1000 т высококачественного лазурита. В Чили в высокогорном районе Чилийских Анд в провинциях Кокимбо, Антофагаста и Атакама расположены крупные месторождения этого камня. Небольшие месторождения лазурита встречаются в США, Канаде, Бирме. В 70-х гг. ежегодная добыча лазурита в Афганистане составляла более 5 т, а в Чили 8 т. Афганский лазурит высшего качества на мировом рынке стоит до 1000 долл. за 1 кг, а I сорта — 120 долл. за 1 кг.

В СССР лазурит добывают в двух районах: в Южном Прибайкалье и на Юго-Западном Памире (Ляджвардинское месторождение). По качеству памирский лазурит не уступает бадахшанскому.

Жадеит

Долгое время этот минерал не отличали по внешним признакам от нефрита. А.Е. Ферсман писал: "В этом случае мы встречаемся с редким явлением замечательного сходства двух минералов различного химического состава..." Жадеит является моноклинным пироксеном, в то время как нефрит — моноклинный амфибол. Химическая формула жадеита — $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. В его составе (в %): SiO_2 59,5, Al_2O_3 25 и Na_2O 15,5. Часто наблюдаются жадеиты, по составу являющиеся промежуточными членами изоморфных рядов: жадеит-диопсид — $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, жадеит-геденбергит — $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ или жадеит-акмит — $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. В соответствии с составом изменяется окраска жадеита от белой до зеленой, которая наиболее ценится в ювелирных изделиях, и даже темно-зеленой в хлормеланите — разновидности, соответствующей промежуточному члену ряда жаде-

ит — эгирин или жадеит — диопсид — эгирин. Зеленый цвет связан с двухвалентным железом, входящим в состав минерала, или с примесями хрома, содержание которого в прозрачных разновидностях жадеита до 0,01 %, а в некоторых непрозрачных — до 7 %. При выветривании в поверхностных условиях Fe^{2+} переходит в Fe^{3+} , в связи с чем появляется желтая, коричневая и даже красная окраска. Валунья жадеита такого цвета встречаются в Бирме. Так же как и нефрит, жадеит имеет скрытокристаллическую тонковолокнистую структуру перепутанных между собой микроскопических волоконистых кристаллов группы пироксенов. Такое строение определяет высокую вязкость и прочность этого минерала. Вместе с нефритом жадеит широко применяли в каменном веке для изготовления оружия и различных хозяйственных инструментов.

До 1863 г. оба эти минерала относили к одной группе и называли жадом. Это название относится к временам испанских завоеваний Южной и Центральной Америки и означает *piedra de ijada* — почечный камень. Латинское название этих камней — *lapis nephriticus*. Испанцы ввозили этот минерал из Мексики, где местные племена считали его камнем, излечивающим боли в боку. В начале XVII в. жадеит стали ввозить в Европу из Персии и Китая.

В доколумбовой Центральной Америке жад ценили гораздо выше золота. Это был культовый камень, так же как нефрит в Китае. До настоящего времени в Гватемале, Южной Мексике, Перу, Панаме, Коста-Рике находят художественные изделия и амулеты из жадеита древней культуры Майя.

Спайность у жадеита совершенная по призме. Плотность 3,30—3,36 г/см³, плотность хлормеланита — 3,4—3,6 г/см³, он несколько тяжелее нефрита. Блеск — стеклянный, на полированных поверхностях камня — жирный, иногда перламутровый. В изломе куски края жадеита неровные, в тонком слое он полупрозрачен. Изредка встречается изумрудно-зеленая, прозрачная или полупрозрачная разновидность, которая называется императорским жадеитом или империалом. Твердость жадеита 6,5—7 по шкале Мооса (тверже нефрита). Показатели преломления: $n_g = 1,652$ — $1,667$; $n_m = 1,645$ — $1,659$; $n_p = 1,640$ — $1,654$. Двупреломление: $n_g - n_p = 0,012$ — $0,020$. Двуосный, положительный. $2V = 67^\circ$. В ультрафиолетовом свете жадеит люминесцирует слабым зеленым или серо-голубым цветом.

В настоящее время из жадеита изготавливают различные ювелирные изделия — кулоны, броши, кольца, шкатулки, письменные приборы, вазы и кубки (рис. 53). Г. Смит пишет, что изделия из жадеита широко распространены в Китае.

В 1980 г. на проходившей в Рангуне (Бирме) выставке-продаже драгоценных камней демонстрировался самый большой в мире обработанный драгоценный императорский жадеит изумрудного цвета, полупрозрачный, массой 750 кар. Стоимость камня — около 2 млн. американских долларов.

Наиболее значительные месторождения жадеита встречаются в Бирме, в Качинских горах, где он находится в серпентинитах или в россыпях по р. Уру. Особо там ценятся камни красноватой окраски снаружи и более

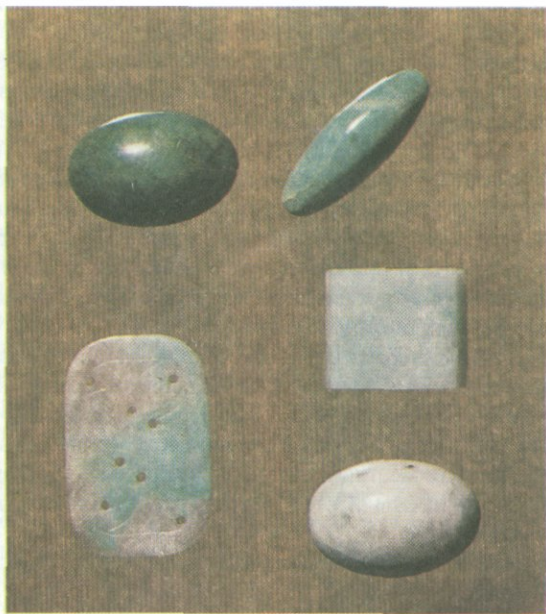


Рис. 53. Вставки из жадеита

светлой внутри. Для Бирмы жадеит — одна из основных статей экспорта. Кроме того, месторождения этого камня встречаются в Китае, Гватемале, Японии, Мексике, США (шт. Калифорния).

Происхождение минерала — гидротермальное. Большинство исследователей считают, что жадеит образовался при средних температурах и давлениях в результате сложного, многостадийного процесса натрового биметасоматоза вдоль трещин в серпентинитах.

В Бирме различают следующие сорта жадеита: I — империал — изумрудно-зеленая прозрачная и полупрозрачная разновидности; II — камершиал — с прожилками и пятнами полупрозрачного изумрудно-зеленого на фоне зеленого, непрозрачного; III — утилити — ярко-зеленая непрозрачная разновидность.

В СССР на жадеит в сырье распространяется действие ОСТа 41-25-72, утвержденного Министерством геологии СССР, в соответствии с которым в жадеите I сорта не допускаются трещины, пятнистые ожелезненные включения. За эталон принят жадеит Итмурундинского месторождения (Северное Прибалхашье). Кроме того, в СССР имеется месторождение жадеита на Полярном Урале — Лево-Кечпельское.

Необходимо отметить, что под названием жадеит продается много других минералов. Так, в Африке под видом жадеита продают зеленые разновидности граната, в Австралии — хризопраз, в Индии — зеленый авантюрин, а в Калифорнии — серпентин или везувиан.

Кроме того, следует отметить, что наряду с названием жадеит в лите-

ратуре и в обычном обиходе часто употребляется термин жад. Если ранее под этим названием объединяли жадеит и нефрит, то в настоящее время жадом называют плотные полупрозрачные зеленые или желтовато-зеленые породы, по своему составу отвечающие гидрогроссуляру (трансваальский жад), везувиану (калифорнийский жад), серпентину (серпентиновый жад) или же тонкозернистому агрегату гидрогроссуляра, гроссуляра, везувиана и цоизита (порода типа родингита).

Нефрит

Название нефрита произошло от греч. *νεφρός* — почка. Согласно древнему поверью, нефрит уменьшал почечные колики и боли в печени. В древности считали, что он исцеляет недуги и дарует верность.

Нефрит является плотной скрытокристаллической разновидностью моноклинных амфиболов ряда тремолита — актинолита, относящихся к призматическому виду симметрии. Тремолит назван по месту первой находки — долины Тремоль, расположенной на южной стороне Сен-Готтарда, формула его — $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$. Нефрит-тремолит — белый или светлоокрашенный: плотность 2,9–3 г/см³; показатели преломления: $n_g = 1,624$, $n_m = 1,613$, $n_p = 1,599$; оптически двуосный, отрицательный.

Наиболее часто встречающийся нефрит зеленого цвета является разновидностью актинолита (название связано с игольчато-лучистой формой агрегатов — в переводе с греч. лучистый камень). Формула его — $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$. Окраска нефрита-актинолита связана с Fe^{2+} , определенное влияние оказывают примеси хрома, никеля, ванадия. Окраска камня, как правило, неоднородная, часто присутствуют темные точечные или вытянутые скопления, придающие нефриту особую привлекательность. Плотность нефрита-актинолита несколько выше, чем нефрита-тремолита, — 3,1–3,3 г/см³.

Твердость нефрита 5,5–6,5 по шкале Мооса. Однако нефрит очень вязкий. Раздробить валун нефрита практически невозможно. А.Е. Ферсман приводит пример, когда валун сибирского нефрита положили на наковальню под паровой молот. Молот обрушился на глыбу — наковальня рассыпалась на куски, а валун остался без изменения. Секрет такой высокой прочности на удар заключается в особенностях строения нефрита. Тонкие переплетения волокон кристаллов актинолита делают этот минерал в два раза прочнее стали.

Высокая прочность этого камня в тонких пластинах и сколах была замечена еще первобытным человеком, который охотно применял нефрит для изготовления различных орудий труда и вооружения.

С появлением металлов нефрит постепенно становится материалом для художественных поделок (рис. 54). Высокая прочность позволяет вытачивать из него сложные и тонкие формы и ярче выделить его лучшие свойства — разнообразные оттенки и хорошую просвечиваемость, в результате чего в камне выступает красивый узор жилок, складок и пятен.

Искусство художественной резьбы по нефриту зародилось в Китае. С глубокой древности из нефрита вырезали шары, расположенные один в



Рис. 54. Изделия из нефрита

другом, прекрасные вазы, чаши, кубки, шкатулки, фигурки животных, пагоды. Нефрит в Китае ценился настолько высоко, что из него изготавливали бляшки, имевшие хождение наравне с монетами, а парные пластины нефрита служили паспортом для посланцев императора. Предметы религии и культа делали также из нефрита.

Китайский писатель Хиу-Чин приписывал нефриту пять основных достоинств, соответствующих пяти душевным качествам человека: мягкий блеск камня соответствует мягкосердечию; прочность напоминает об умеренности и справедливости; мелодичный звук при ударе сравним со значением науки; негибкость и неизменяемость говорит о мужестве; внутреннее строение, не поддающееся подделке, является эмблемой чистоты. А.Е. Ферсман назвал нефрит "национальным камнем Китая".

В изломе поверхность камня неровная с острыми тонкими краями. Слои нефрита толщиной до 10 мм просвечивают. У нефрита наблюдается слабый плеохроизм — от желтого до коричневого или зеленого цвета. Люминесценция отсутствует.

В России на Петергофской гранильной фабрике из китайского, а с середины XIX в. из восточносибирского нефрита изготавливали великолепные декоративные вазы, чаши, статуэтки, письменные приборы, разрезные ножи, пепельницы, броши и браслеты. Множество изделий из нефрита хранится в Государственном Эрмитаже. В настоящее время из саянского нефрита делают различные ювелирные изделия: кольца, браслеты, броши, письменные приборы, туалетные коробки, вазы и сувениры. Этот камень снова входит в моду и пользуется неизменным спросом.

Наиболее известные месторождения нефрита встречаются на территории Китая в западных отрогах хр. Куэнь-Лунь около Кашгара и Хотана, где этот камень образует залежи мощностью 7–12 м в гнейсах и рогово-обманковых сланцах. Кроме того, он находится в виде гальки в руслах всех местных рек, стекающих с хр. Куэнь-Лунь. Коренное месторождение нефрита находится также на Памире, западнее Куэнь-Луны. Крупным поставщиком этого камня в последние годы являются США (штаты Монтана, Аляска, Вашингтон, Калифорния) и Канада. Месторождения нефрита, кроме того, имеются в Бирме, Новой Зеландии, Бразилии, Мексике, Польше. В СССР к западу от оз. Байкал в отрогах Восточных Саян встречается темно-зеленый нефрит в виде крупной гальки и валунов, по рекам Онот и Бибой.

В последние годы в Восточной Сибири найдены россыпи отличного белого, желтого, нежно-зеленого (салатового) и черного нефрита, который по качеству превосходит нефрит всех известных месторождений.

Размеры находимых по рекам валунов нефрита обычно колеблются от нескольких килограммов до нескольких тонн. В Саянах находили глыбы нефрита массой до 4–5 т. В Северной Бирме в 1971 г. был обнаружен валун массой 5 т, в 1977 г. — 10 т, а в 1978 г. — самая большая глыба массой почти 30 т.

Вопросы образования нефрита до сих пор окончательно не решены. Наиболее признано предположение о гидротермально-метасоматическом генезисе этого камня, образующегося на контактах плотных антигоритовых серпентинитов с дайками основных пород. Эта гипотеза была разработана еще в 1908 г. Р.С. Штайнманном и поддержана позднее советскими геологами М.Ф. Шестопаловым, Ю.Н. Колесником, Р.С. Замалетдиновым, А.Н. Сутурниным и др. Однако последние считают, что нефрит может также развиваться на контактах спутанно-волоконистых серпентинитов с кислыми породами — дайками гранитоидов.

В соответствии с ОСТом 41-13-71, утвержденным Министерством геологии СССР, саянский нефрит различается по сортам. Эти требования могут применяться и для оценки камня из других месторождений. I сорт — цвет изумрудно-темный, яблочно- и травянисто-зеленый, зеленоватый и желтовато-белый; допускаются неравномерность окраски и точечные включения минералов на площади не более 20% от площади поверхности камня. Минимальный размер образца 200×150×150 мм. II сорт — окраска такая же, как у нефрита I сорта, а также желто-зеленая. Допускаются неравномерность окраски, включения минералов и мелкая трещиноватость на площади не более 30% от площади поверхности камня. Минимальный размер образца 100×50×50 мм. III сорт — окраска и требования такие же, как у нефрита I сорта. Минимальный размер образца 50×30×30 мм.

Оптовые цены на нефрит в сырье составляют от 7 до 33 долл. за 1 кг.

Малахит

Малахит — один из красивейших минералов. По выражению А.Е. Ферсмана, это "камень яркой, сочной, жизнерадостной и вместе с тем шелковисто-нежной зелени". Его окраска представляет собой палитру зеленых то-



Рис. 55. Вставки из малахита

нов от светло-зеленого с голубизной ("бирюзового") до густого темно-зеленого цвета ("писового"). Название этот минерал получил от греч. *μαλακή* (малыхэ) — мальва, окраска листьев которой похожа на цвет малахита. Текстура малахита разнообразна — ленточная, струистая, концентрически-круговая, лучисто-звездчатая с переслаиванием слоев различного цвета.

По составу малахит представляет собой водную углекислую соль меди — $\text{Cu}_2 [\text{CO}_3] [\text{OH}]_2$. Окиси меди в малахите содержится до 72 %, поэтому он использовался как медная руда. Малахит кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом виде симметрии. Окраска малахита объясняется присутствием иона меди. Малахит — минерал зоны окисления медных сульфидных и медно-железородных месторождений, залегающих в известняках, доломитах и других породах. В результате взаимодействия медносульфатных растворов с карбонатными или углекислыми водами образуется малахит. Натечные формы малахита возникают в карстовых пещерах и полостях рудоносных известняков, куда фильтруются воды с бикарбонатом меди.

Малахит встречается в виде плотных натечных образований, а также землистых выделений. Кристаллы малахита крайне редки, спайность их совершенная по пинакoidу. Облик кристаллов призматический, игольчатый и волокнистый; встречаются двойники.

Показатели преломления малахита: $n_g = 1,909$; $n_m = 1,875$; $n_p = 1,655$. Блеск стеклянный до алмазного; у волокнистых разновидностей —

шелковистый. Наблюдается плеохроизм — от бесцветного до темно-зеленого цвета. Твердость его 3,5—4 по шкале Мооса, плотность 3,9—4,1 г/см³. Малахит хрупкий, в изломе имеет шелковистый отлив. Черта бледно-зеленая. Спайность по {201} совершенная, по {010} средняя. При нагревании малахит теряет воду и становится черным. При взаимодействии с соляной кислотой растворяется с выделением углекислого газа.

Этот минерал издавна привлекал внимание людей. Древние греки украшали малахитом нарядные здания и залы. В Древнем Египте из малахита, добываемого на Синайском полуострове, изготавливали камни, амулеты и украшения.

Однако подлинную известность этот минерал получил после открытия крупных месторождений малахита в конце XVIII в. на Урале. (Следует отметить, что малахит в предгорьях Урала был впервые открыт в 1635 г. и использовался для выплавки из него меди.)

После открытия уральских медных рудников малахит стали добывать там в большом количестве. В XIX в. на рудниках в Меднорудянске и Гумишевске ежегодно добывали до 80 т прекрасного камня от светло-зеленой до атласной темно-зеленой окраски..

В 1835 г. была обнаружена огромная глыба малахита массой 250 т, а в 1913 г. — массой более 100 т.

Из мелких кусков малахита низкого качества изготавливались великолепные краски. А.Е. Ферсман пишет, что "...до революции в Екатеринбурге и Нижнем Тагиле можно было видеть крыши многих особняков, окрашенные малахитом в красивый синева-зеленый цвет". Высокосортный малахит шел на изготовление ваз, чаш, столешниц и даже колонн. Русскими умельцами был разработан особый способ изготовления изделий из малахита, называемый "русская мозаика", при котором куски малахита распиливались на тонкие пластины и из них подбирался рисунок, наклеиваемый на металл или мрамор.

В Государственном Эрмитаже есть малахитовый зал, в котором экспонируется более сотни разнообразных изделий из этого драгоценного минерала: огромные вазы, чаши, столы, мощные колонны кажутся изготовленными из целого куска малахита, настолько точно подобран рисунок узоров камня.

В настоящее время изделия из малахита — бусы, броши, перстни, кулоны — ценятся наравне с полудрагоценными камнями и пользуются большим спросом (рис. 55).

Министерством геологии СССР разработан ГОСТ 41-117-76 "Малахит в сырье", по которому малахит разделяется на три сорта в зависимости от цвета и качества. Минимальный размер камня 30 мм в поперечнике. На мировом рынке за малахит в сырье кусками массой 600—800 г платят до 20 долл. за килограмм.

Известные месторождения малахита на Урале — Меднорудянское и Гумишевское — практически полностью выработаны. Открыты крупные месторождения малахита в Африке (Заире), Южной Австралии и в США, однако по цвету и красоте узоров малахит зарубежных месторождений не может сравниться с уральским. В связи с этим малахит с Урала считается самым ценным на мировом рынке.

Не так давно В.П. и Ю.Г. Роговыми был открыт новый минерал, который очень быстро стал одним из самых популярных ювелирно-поделочных камней. Этот минерал имеет не совсем обычную яркую окраску — от коричнево- и нежно-сиреневого до густого искрящегося фиолетового цвета. Камень отличается тонковолокнистым строением и при полировке на нем выявляется красивый узор из тонких, сливающихся друг с другом струй различных сиреневых и фиолетовых оттенков.

Месторождение чароита находится в пределах Мурунского щелочного массива на стыке Иркутской, Читинской областей и Якутской АССР в среднем течении р. Чары (притока р. Лены), откуда и произошло его название.

Чароит — главный породообразующий минерал в метасоматических калишпатовых горных породах, в которых его содержится 50–90 %. Сингония моноклинная, двусный; наблюдается плеохроизм: по N_g — бесцветный, по N_p — розовый; показатели преломления: $n_g = 1,559$, $n_m = 1,553$, $n_p = 1,550$, двупреломление — 0,009.

В состав чароита входят (в %): SiO_2 (около 56,5), Al_2O_3 (1,01–1,85), CaO (20,5), K_2O (8,2–10,5), а также окислы бария, стронция, натрия (0,9–3,5), фтор и вода. Формула чароита — $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, \text{Sr}, \text{Ba})_3 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH}, \text{F}) \cdot \text{H}_2\text{O}$. Плотность чароита 2,54–2,68 г/см³, твердость 5–5,5 по шкале Мооса. Этот минерал образует тонковолокнистые переплетенные агрегаты, благодаря чему он характеризуется довольно высокой прочностью и вязкостью.

Наряду с плотными скрытокристаллическими разностями встречаются и длиноволокнистые его выделения (размером до 10 см в длину), иногда веерообразно расходящиеся, наподобие "солнца". Крупные волокнистые образования в некоторых случаях иризируют в голубых тонах. Блеск стеклянный с шелковистым отливом, особенно у волокнистых разностей. В кислотах и щелочах минерал не растворяется. Спайность у чароита средняя.

Породы, содержащие чароит, образуются на контактах богатого калием щелочного трахит-сиенитового массива и карбонатных пород, которые ряд исследователей относят к карбонатитам. В этих участках широко проявляется калиевый метасоматоз, с которым генетически связано образование ряда калиево-кальциевых силикатов — чароита и сопровождающих его медово-желтого тинаксита и канасита. Структура чароитовой породы весьма своеобразна — струйки фиолетового чароита, изгибаясь, обтекают включения округлых линзочек полупрозрачного молочно-белого кварца и полевого шпата; включения эгирина темно-зеленого (до черного) цвета и медово-желтого тинаксита контрастируют с основным фиолетовым фоном и придают камню особую красоту. Шелковистый отлив создает как бы переливающуюся, струящуюся окраску (рис. 56).

Чароит сразу завоевал международное признание. Из него изготавливаются вазы, шкатулки, декоративные панно, настольные украшения; он используется в ювелирных изделиях — кольцах, браслетах, кулонах, за-



Рис. 56. Образцы чароита

понках и т.д. Изделия из чароита экспонируют на международных выставках. На международных кинофестивалях 1979 и 1980 гг. главные призы были выполнены из чароита.

Родонит

Родонит, или орлец, — второй по значению после малахита камень Урала, из которого изготовляют крупные декоративные изделия: чаши, вазы, столешницы, письменные приборы и т.п. Название этот минерал получил от греч. *ροδον* — роза или розовый. Родонит $Mn_5 [Si_5 O_{15}]$ кристаллизуется в триклинной сингонии, пинакоидальном виде симметрии. В химический состав родонита входят (в %): MnO 30–46, CaO 4–6,5, SiO_2 45–48. В виде примесей в нем присутствуют окиси железа, алюминия и щелочи.

Кристаллы родонита крайне редки и обычно он представлен сплошными плотными или зернистыми агрегатами.

Цвет родонита алый, малиновый, розовый, иногда с сероватым оттенком. Этот камень был известен на Древней Руси и назывался "баканом", а также "рубиновым шпатом". Окраска минерала очень неравномерная. Обычно в массе камня необыкновенно красивые, ярко-красные участки встречаются рядом с менее яркими, переходящими в более темные, буро-красные тона. Цвет родонита зависит также от количества других минералов: чем их меньше, тем чище и красивее родонит. Розоватый и серый

цвета, появляющиеся в родоните, свидетельствуют о переходе его в бустамит — $(\text{Ca}, \text{Mn})_5\text{Si}_5\text{O}_{15}$.

Для этого камня характерны прожилки и дендриты окислов марганца черного цвета. На розовом фоне тонкие, ветвящиеся черные прожилки образуют сложные, изящные рисунки и узоры, складывающиеся иногда в очень красивые пейзажи, что улучшает его декоративность. В. Шуман [49] родонит с включениями желтого или коричневого цвета называет фоулеритом.

Встречаются также разновидности родонита, похожие на ленточную яшму, с красиво чередующимися черными, коричневыми, серыми и розовыми полосами. В связи с этим прежде эту разновидность родонита ошибочно считали яшмой.

Средняя твердость родонита 5,5–6,5 по шкале Мооса. Плотность ($3,4\text{--}3,7 \text{ г/см}^3$) его изменяется в зависимости от содержания марганца. Спайность совершенная по $\{110\}$ и $\{1\bar{1}0\}$ и менее совершенная по $\{001\}$. Излом неровный, раковистый. По степени прозрачности родонит варьирует от прозрачных в тонком слое разностей до непрозрачных. Показатели преломления: $n_g = 1,730\text{--}1,744$; $n_m = 1,726\text{--}1,735$; $n_p = 1,721\text{--}1,728$. Двупреломление: $n_g - n_p = 0,011\text{--}0,013$. Двуосный, отрицательный. $2V = 63\text{--}76^\circ$. Плеохроизм отчетливый: желто- и розово-красный, красно-желтый.

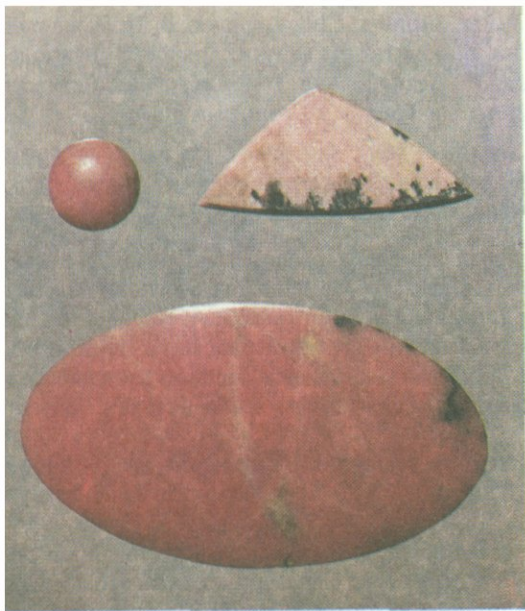
Коренное месторождение родонита было открыто на Урале в конце XVIII в. в 25 км от Екатеринбурга (Свердловска) около д. Седельниково. В середине XIX в. этот красивый камень широко применялся в русском камнерезном искусстве. Он хорошо полируется и довольно легко обрабатывается. Из него изготавливали торшеры с канделябрами, обелиски, роскошные вазы и чаши, которые хранятся в Государственном Эрмитаже. Всемирно известны торшеры из родонита высотой 280 см, которые украшают парадную лестницу Эрмитажа. Там же хранится знаменитая овальная ваза из родонита, выставленная на Всероссийской выставке в Петербурге в 1870 г. Высота вазы 85 см, диаметр 185 см. Наиболее крупное и уникальное изделие из родонита — находящийся в соборе Петра и Павла в Ленинграде изумительный саркофаг массой 7 т, выточенный из цельной глыбы родонита массой 47 т.

В настоящее время из родонита изготавливают вставки в виде кабошонов и плоских таблиц, используемые в ювелирных и галантерейных изделиях (рис. 57).

Родонит в небольших количествах в природе встречается довольно часто. В основном его месторождения образуются при процессах метаморфизма осадочных или эксгальационно-осадочных карбонатных отложений, в которых марганец накапливается в карбонатной или окисной форме совместно с халцедоном. При метаморфизме эти соединения переходят в силикаты марганца — родонит, бустамит и тефроит.

На скарновых полиметаллических месторождениях родонит образуется на контактах известняков с гранитоидами или по трещинам в известняках.

Всесоюзное производственное объединение "Союзкварцсамоцветы" Министерства геологии СССР разработало технические требования к каче-



ис. 57. Вставки из родонита

го родонита. В соответствии с ними родонит разделяется на сорту относят камни розового, малинового, однотонного и. Допускаются дендриты гидроокислов марганца на площади 30 % от поверхности камня, желтые и буро-серые пятна — более 10 %. Ко II сорту относят родонит того же цвета, но в дендритов гидроокислов марганца и желтых и буро-желолжна превышать соответственно 20 % от площади поверх-

и рынке цены на родонит отличного качества с красивым рисунком составляют около 10 долл. за 1 кг, на розовый по 9 долл. за 1 кг и на остальной родонит — около 5 долл.

мировой рынок поставляют Австралия и Демократическая дагаскар. В Австралии он встречается на месторождениях инсленде и Новом Южном Уэльсе, а также на крупнейшем рождении Брокен-Хилл. Австралийский родонит относит- ачественному камню, сопоставимому с родонитом Урала. встралии и с о. Мадагаскар поступает около 20–30 т раз- еству сырья.

и месторождения родонита также в Испании (низкого ка- и (графстве Девоншир), США, Мексике, Японии и др. Одна- гих странах добывается не систематически.

м Союзе наиболее известно Мало-Седельниковское место-

рождение родонита около г. Свердловска. В этом же районе встречается ряд проявлений родонита. Из других районов наиболее перспективен хр. Султануиздаг в Средней Азии. Родонит низкого качества обнаружен на месторождении Алтын-Топкан в Средней Азии.

Фенакит

Фенакит — минерал довольно распространенный, в качестве ювелирного камня применяется нечасто. Он известен в основном как коллекционный материал и бериллиевая руда. Открыт Л.А. Перовским на Урале, впервые определил его химический состав и описал Н. Норденшильд в 1833 г. До этого времени прозрачные обломки бесцветных кристаллов фенакита не отличали от кварца, в связи с чем его и называли "обманщик" (от греч. *φαναξ* — обман).

Фенакит — островной силикат. Формула его — $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$, содержит BeO 43,73—45,82 %, SiO_2 54,5 %. В фенаките присутствуют примеси Mg , Pb , Cu , Zr , La , Yb , Ge , B , Al , Fe^{3+} , Ca , Na , Ti , Cr .

Фенакит кристаллизуется в тригональной сингонии, ромбоэдрическом виде симметрии. В структуре фенакита каждый атом кислорода принадлежит одному Si - и двум Be -тетраэдрам (Н.В. Белов, 1962 г.).

Фенакит встречается в виде ромбоэдрических, коротко- или длинно-призматических кристаллов с большим числом граней. На гранях ромбоэдра часто наблюдается штриховка (В.А. Корнетова, 1955 г.). Наблюдают двойники по (1010), друзы, шестоватые агрегаты и сферолиты.

Размеры кристаллов $1 \times 1,1 \times 1,2$ — $4 \times 5 \times 6$ см, иногда до $12 \times 15 \times 18$ см. Крупные кристаллы обычно мутные и трещиноватые. Прозрачные камни, пригодные для огранки, редки. А.Е. Ферсман пишет, что размер самого замечательного уральского ограночного камня 2,2 см в поперечнике [39].

Прозрачный фенакит обычно бесцветен. Встречаются камни бледно- и винно-желтые, розоватые, реже зеленовато-серые или бурые. Окраска связана с наличием парамагнитного центра $\text{Be} - \text{O}^- - \text{Be}$ (Л.А. Евграфова и др., 1971 г.; А.Н. Платонов, 1976 г.). Иногда окраска распределяется в кристалле неравномерно. Винно-желтая окраска часто неустойчива: на свету она может обесцвечиваться. Так, кристалл, выставленный на Парижской выставке в 1876 г., через два месяца превратился из винно-желтого в бесцветный.

Спайность у фенакита по $\{11\bar{2}0\}$ ясная, по $\{10\bar{1}1\}$ несовершенная. Излом раковистый. Твердость 7,5—8 по шкале Мооса. Микротвердость 12679—14591 МПа. Хрупкий. Плотность 2,95—3,00 г/см³. Оптически одноосный, положительный. $n_e = 1,669$ —1,670, $n_o = 1,654$, $n_e - n_o = 0,015$ —0,016. Дисперсия 0,015. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует светло-фиолетовым цветом.

В естественном или ограненном (в форме бриллианта) виде фенакит отличается от кварца более высокими показателями преломления и плотности, от топаза — пониженной плотностью, более высокими показателями преломления и отсутствием совершенной спайности, от берилла — ромбоэдрическими или короткостолбчатыми кристаллами и более высокими

показателями преломления, от алмаза — более низкой твердостью, плотностью, показателями преломления, дисперсией и формой кристаллов.

Фенакит встречается в пегматитах, грейзенах, гидротермальных образованиях и альпийских жилах. Наиболее известное месторождение ограночного фенакита находится на Урале (за 1831—1862 гг. добыто более 80 кг). Красивые кристаллы и друзы фенакита желтого и бледно-красного цвета встречаются в Бразилии (шт. Минас-Жерайс), Норвегии и Танзании.

Прозрачные крупные кристаллы фенакита получены искусственно из чистых BeO и SiO_2 путем пропускания над ними газообразного SiF_4 в присутствии фторбериллатов при температуре 650—900 °С (Б.П. Соболев, А.В. Новоселова, 1959 г.), однако в ювелирном деле синтетический фенакит не применяется.

Эвклаз

Эвклаз относится к мало распространенным минералам. Сильный блеск, красивый цвет, достаточно высокая твердость — по этим признакам он мог бы занять достойное место среди самых дорогих ювелирных камней. Академик А.Е. Ферсман очень ценил эвклаз и относил его к первому порядку группы драгоценных камней, ставя рядом с алмазом и изумрудом. Он писал: "Эвклаз является высококачественным драгоценным камнем, соединяя красоту окраски, ясность тона и чистоту с действительной редкостью, заставляющей держать на учете каждый найденный в России эвклаз" [39, с. 70]. Но, к сожалению, эвклаз обладает большой хрупкостью (на Урале его называют хрупиком) и совершенной спайностью (по греч. *ἐὐκλασις* — хорошо расщепляющийся), что делает его крайне неудобным материалом для огранки. Размер кристаллов эвклаза обычно невелик: как правило, не более 1—3 мм, реже до 1,5 см. Н.И. Кокшаровым описан найденный в 1862 г. на Южном Урале прозрачный кристалл светло-зеленого цвета размером 7,3 × 2 × 1,4 см, настолько красивый, что он был оценен в 3 тыс. руб.

В ограненном виде известны только отдельные камни из Бразилии и с Урала. В основном наиболее красивые кристаллы эвклаза служат украшением минералогических коллекций.

Впервые эвклаз описан в 1792 г. Р.Ж. Гаюи. Это силикат бериллия и алюминия — $\text{Al}_2\text{Be}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$. Н.В. Белов установил (1950 г.), что структура эвклаза состоит из колонок AlO_6 , вытянутых вдоль оси "с" и связанных между собой коленчатыми цепочками из Ве-тетраэдров, инкрустированных тетраэдрами SiO_4 . Кремнекислородный тетраэдр связан одной вершиной (O_2) с тетраэдром $[\text{BeO}_3(\text{OH})]$, другой (O_3) — с двумя тетраэдрами $[\text{BeO}_3(\text{OH})]$, соединенными в той же вершине, третья и четвертая вершины свободны и входят в координацию Al. Шестой вершиной Al-октаэдра является гидроксильная группа тетраэдра $[\text{BeO}_3(\text{OH})]$. Как примеси в эвклазе отмечаются Ge, Mn, Cu, Cr, иногда Pb, Sn, Zn, Ti, Y, Yb, В.

Эвклаз кристаллизуется в моноклинной сингонии, в моноклинноприз-

матическом виде симметрии. В природе он встречается в виде пластинчато-призматических, пластинчатых, коротко- и длинно-призматических кристаллов с большим числом граней. Число простых форм, известных на кристаллах эвклаза, очень велико. На гранях призмы может отмечаться штриховка. Встречаются двойники (плоскостью двойникования является (010) и (041)), друзы щетки, розетки, сноповидные и полусферические образования радиальнолучистого строения.

Прозрачные кристаллы эвклаза могут быть бесцветными или синими, голубыми, синевато-, голубовато- и желтовато-зелеными. Голубовато-зеленая окраска минерала связана с наличием Cr^{3+} [24]. Плеохроизм слабый в голубовато-зеленых и желто-голубых тонах. В некоторых кристаллах наблюдается неравномерная зональная окраска с бесцветными или желтоватыми и густоокрашенными зонами. Зональность возможна и в сферолитах, и сноповидных агрегатах, которые по периферии иногда окрашены в ярко-голубой цвет, а в центре почти бесцветны.

Спайность у эвклаза совершенная по $\{010\}$ и несовершенная по $\{110\}$ и $\{001\}$. Твердость 7,5 по шкале Мооса. Микротвердость 11110–12738 МПа на разных гранях замерена Е.К. Аксеновой [19]. Плотность 3,02–3,10 г/см³.

Показатели преломления: $n_g = 1,671$ – $1,672$, $n_m = 1,655$, $n_p = 1,652$, $n_g - n_p = 0,019$ – $0,020$. Дисперсия 0,016. Оптически двуосный, положительный, $2V = 49^\circ 37'$. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. При трении электризуется.

В природе эвклаз встречается в жилах альпийского типа, в пустотах миароловых пегматитов и грейзенов, в гидротермальных месторождениях флюорит-берtrandит-фенакитовой формации, в бериллийсодержащих полевошпатовых метасоматитах, в хлоритовых сланцах и россыпях.

У нас в стране эвклаз найден Н.И. Кокшаровым в 1858 г. в золотоносных россыпях Урала. Среди немногочисленных уральских образцов А.Е. Ферсман по цвету выделял две группы: бледноокрашенную в зеленоватых, синеватых и желтоватых тонах и очень красиво окрашенную в густо-синих и синевато-зеленых тонах, с сильным плеохроизмом.

Места находок эвклаза немногочисленны. Наибольшей известностью пользуются камни из Оуро-Прету (Бразилия, шт. Минас-Жерайс). Отмечается эвклаз в Индии (Морогоро), Заире, Австрии и ФРГ.

Эвклаз, особенно в ограненном виде, по цвету и некоторым физическим свойствам похож на берилл (особенно на аквамарин), фенакит, кианит, хризоберилл, турмалин, сподумен (в частности, на гидденит). Кроме того, он может служить имитацией алмаза: правда, более низкая твердость и оптические свойства позволяют без особой трудности его выявить.

Кианит

Кианит, или дистен, очень распространен в природе, он относится к порообразующим минералам. Однако прозрачные красиво окрашенные образцы, пригодные для огранки, встречаются редко.

Формула его — $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] \text{O}$. В качестве примесей могут присутствовать Cr^{3+} , Fe^{3+} и Fe^{2+} , Ti, Mn, Ca и др. Кианит относится к триклинной сингонии, пинакоидальному виду симметрии. Форма его кристаллов обычно длинностолбчатая, досковидная. Окатанные веретенообразные кристаллы на Урале называются овсянками. Часто встречаются двойники с двойниковой плоскостью {100} и сростки радиально расходящихся кристаллов.

Цвет кианита голубой, синий (от греч. *κυανός* — синий), зеленый, фиолетовый, розовый, встречается и бесцветный. Голубую окраску связывают с входящими в структуру кианита Cr, Fe^{2+} и Fe^{3+} или Ti, а зеленую — с Fe^{3+} [24]. Окраска в различных кристаллографических направлениях изменяется от фиолетово-голубой до бесцветной и кобальтово-синей или от желтовато-зеленой до зеленой. Известны кристаллы с эффектом "кошачьего глаза".

Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Твердость — наиболее характерное свойство кианита. Она резко отличается в различных направлениях: на грани {100} вдоль удлинения кристалла 4,5, поперек удлинения 6; на гранях {010} и {110} 7. Это свойство обусловило второе название кианита — дистен (от греч. *δίζ* — двойной, *σθένος* — крепость, т.е. двоякосопротивляющийся). Хрупкий. Спайность совершенная по {100} и менее совершенная по {010}. По {001} наблюдается отдельность. Плотность 3,53–3,68 г/см³. Двуосный, отрицательный. $2V = 82-83^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,727-1,734$, $n_m = 1,721-1,723$, $n_p = 1,712-1,718$; $n_g - n_p = 0,017$. Дисперсия 0,020. Иногда люминесцирует в ультрафиолетовых лучах красным цветом.

Происхождение кианита связано с процессами метаморфизма, поэтому и встречается он в основном в кристаллических метаморфических породах. Часто извлекается из россыпей.

Красивые васильково-синие, небесно-голубые и фиолетовые ограночные кианиты добывали на Урале. Встречаются прозрачные красиво окрашенные кианиты в Архангельской области и других районах СССР.

Наиболее известны ювелирные кианиты Индии (Кашмир, Пенджаб), откуда их привозили еще в XVII в. В России индийские кианиты называли баусом. К. Патканов (1874 г.) пишет: "а камень баус сиз, голуб, а вы за яхонт не купите" [39, с. 117]. Предупреждение не случайно: синие ограненные кианиты похожи на сапфир, но твердость его гораздо ниже. В настоящее время отличить их несложно: у кианита показатели преломления и плотность ниже. Голубые и голубовато-зеленые кианиты похожи на аквамарины, но характеризуются более высокими показателями преломления и плотностью. Ювелирный кианит встречается также в Бирме, Бразилии, Кении, Швейцарии и США (в штатах Монтана, Каролина, Виргиния, Вермонт, Коннектикут, Массачусетс).

Гранят прозрачные камни хорошего качества в ступенчатой или бриллиантовой форме. Менее прозрачным красиво окрашенным кристаллам или камням с эффектом "кошачьего глаза" придают форму кабошона.

Кианиты, не представляющие интереса для ювелирных целей, являются высокоглиноземистым сырьем, применяются при производстве высококачественных огне- и кислотоупорных изделий, в производстве специальных изоляторов, тиглей для литья стали, запальных свечей и т.д.

Ювелирный клиногумит — $\text{Mg}_9 [\text{SiO}_4]_4 (\text{OH}, \text{F})_2$ встречается вместе с кристаллами ювелирной шпинели на месторождении Кухилал на Юго-Западном Памире, на правом борту р. Пяндж, в междуречье Дарай-Сист — Дарай-Кухилал в форстеритовых скарнах в виде псевдотетраэдров и полисинтетических двойников (размером до 10 см) и в агрегатах. Желтая и коричневая окраска прозрачных кристаллов клиногумита связана с наличием в нем ионов титана, которые концентрируются в октаэдрических позициях, сочленяющихся по ребру $(\text{OH}-\text{O})_2$, что благоприятствует переносу заряда $\text{Ti}^{3+} \rightarrow \text{Ti}^{4+}$ [24].

Красивая окраска клиногумита позволяет ему занять место в ряду ювелирных камней, а совместное нахождение шпинели и клиногумита делает еще более перспективными на ювелирные камни форстеритовые месторождения Кухилал.

Клиногумит кристаллизуется в моноклинной сингонии.

Твердость его 6 по шкале Мооса. Плотность 3,21–3,35 г/см³. Показатели преломления: $n_g = 1,662\text{--}1,674$, $n_m = 1,662\text{--}1,643$, $n_p = 1,629\text{--}1,638$; $n_g - n_p = 0,028\text{--}0,041$. Характерен плеохроизм: бледно-желтый — оранжево-желтый, золотисто-желтый — красно-желтый.

Ювелирный клиногумит встречается в Италии (Ала), США (шт. Калифорния), Испании.

Цоизит, эпидот

Цоизит — островной силикат состава $\text{Ca}_2\text{Al}_3 [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O}(\text{OH})$, кристаллизующийся в ромбической сингонии. Впервые цоизит был найден в 1905 г. в Австрии в Зау-Альпах, с этим связано другое название цоизита — саальфит (или заальпит). Цоизит, содержащий трехвалентное железо, изоморфно замещающее ионы алюминия, имеет характерный фисташково-зеленый цвет. Зеленые цоизитовые породы используют иногда как декоративный материал. Такие породы добывают в США (штаты Южная Дакота, Массачусетс, Вайоминг). В 1954 г. в Танзании были найдены красивые цоизитовые породы с включениями роговой обманки и красного корунда — аниолит, который является эффектным декоративным материалом. Там же встречаются прозрачные зеленые, светло-коричневые и бесцветные кристаллы. Красивые образцы цоизита добывают в районе Телемарк в Южной Норвегии.

В качестве декоративного камня используется и разновидность цоизита розового цвета — тулит (найден в местечке Туль в Норвегии), окраска которого связана с присутствием Mn^{3+} . Встречается тулит в США (штаты Вашингтон, Сев. Каролина), ЮАР, Западной Австралии. Тулит иногда используется и в ювелирном деле — его кабошонируют для вставок в кольца, броши и т.д. В этом случае он внешне похож на родонит.

Но по-настоящему ювелирным камнем стали считать цоизит с 1967 г., когда в Танзании были найдены красивые прозрачные кристаллы сапфирово-синего, фиолетового, зеленовато-голубого цвета. Эту разновидность

цоизита ювелирная компания "Тиффани и К°" (США) назвала танзани-том. При искусственном освещении камни приобретают аметистово-фиолетовый цвет. Синяя окраска новой разновидности связана с присутствием ванадия, а зеленовато-голубая — с наличием ванадия и хрома. При нагревании до температуры 400–500 °С голубая окраска сгущается. Танзанит обнаруживает очень сильный плеохроизм: синий — фиолетовый — зеленый (или коричневый).

Кристаллы танзанита встречаются в прожилках в гнейсах. Масса самых крупных танзанитов достигала 220 и 122,7 кар. Обработанный танзанит напоминает сапфир, от которого он легко отличается физическими свойствами.

Цоизит и его разновидности имеют стеклянный блеск; твердость 6, плотность 3,10–3,35 г/см³ (танзанит — 3,3 г/см³); спайность, совершенную по {010} и несовершенную по {100}. Оптически двуосный, положительный, $2V = 0–60^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,697–1,725$, $n_m = 1,688–1,70$, $n_p = 1,685–1,705$; $n_g - n_p = 0,004–0,008$ (у танзанита 1,691–1,700, $n_g - n_p = 0,009$).

Помимо цоизита иногда в ювелирных целях применяют и эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ — минерал зеленого, серого, черно-зеленого цвета, кристаллизующийся в моноклинной сингонии, ромбопризматическом виде симметрии. Эпидот встречается часто в виде хорошо образованных призматических кристаллов, имеющих сильный стеклянный блеск. Твердость 6,5. Спайность совершенная по {001} и несовершенная по {100}. Плотность 3,35–3,48 г/см³. Показатели преломления: $n_g = 1,734–1,797$, $n_m = 1,725–1,784$, $n_p = 1,715–1,751$. Двупреломление 0,015–0,049. Двуосный, отрицательный. $2V = 90–116^\circ$. Ювелирный эпидот встречается в СССР, Чехословакии, США (штаты Калифорния, Айдахо, Колорадо, Мичиган, Коннектикут, Массачусетс, Нью-Гэмпшир), Мексике, Норвегии, Японии, Австралии, Кении, Бразилии, Бирме и др.

Бенитоит

Бенитоит редкий минерал, как бы специально созданный природой для ювелирных целей: он характеризуется красивым сапфирово-синим цветом, прекрасной "игрой" света (дисперсия показателей преломления у него для n_e 0,046, для n_o 0,039).

Открыт в 1906 г. в округе Сан-Бенито (США, шт. Калифорния) и назван по месту находки.

Формула бенитоита — $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Он относится к минералам, окрашенным собственно Ti^{3+} [24]. Кристаллизуется в гексагональной сингонии, в дигексагонально-дипирамидальном виде симметрии. Встречается в виде мелких уплощенных дитригонально-дипирамидальных кристаллов с массой, как правило, не более или около карата. Масса самого крупного ювелирного камня 7,8 кар.

Блеск стеклянный. Твердость 6–6,5 по шкале Мооса. Хрупкий. Спайность несовершенная. Излом раковистый. Плотность 3,64–3,68 г/см³. Показатели преломления: $n_o = 1,757$, $n_e = 1,804$; $n_e - n_o = 0,047$. Одно-

осный, положительный. В коротковолновых ультрафиолетовых лучах люминесцирует сильным голубым цветом.

Бенитоит ювелирного качества до сих пор известен лишь в Сан-Бенито, где он приурочен к маломощным натролитовым жилам. Встречаются непрозрачные и незначительного размера кристаллы этого минерала также в шт. Техас (США), Бельгии [50].

По цвету бенитоит напоминает сапфир. Однако твердость и плотность у него меньше, очень высокое двупреломление и значительно превосходящая сапфир "игра" света.

Кордиерит

Кордиерит, или дихроит, иолит, "водяной" или "рысий сапфир", впервые описал французский геолог Пьер Кордьер, по имени которого он назван.

Формула его — $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$, кристаллизуется в ромбической сингонии, ромбодипирамидальном виде симметрии. Кристаллическая структура напоминает структуру берилла, за исключением того, что один из ионов Si замещен ионом Al, места Be и Al заняты Mg, Fe^{2+} и Al. Форма кристаллов псевдогексагональная, но наиболее часто кордиерит встречается в виде вкрапленных в породу неправильных зерен или сплошных масс.

Прозрачный кордиерит бесцветен или окрашен в глубокий синий и фиолетовый цвет (иолит от греч. *ιου* — фиолетовый). Светло- и темно-синие камни, применяемые для имитации сапфиров (от которых отличаются более низкой твердостью, плотностью и показателями преломления), иногда называют "водяными" или "рысьими сапфирами". Окраска кордиерита связана с присутствием в структуре Fe^{2+} и Fe^{3+} . Кордиерит обладает ярко выраженным дихроизмом: по *No* он бесцветен, по *Ng* фиолетовый (дихроит от греч. *συχροος* — двуцветный). Это свойство необходимо учитывать при огранке: наиболее густая окраска получится в том случае, когда площадку располагают под прямым углом к ребрам призмы. Блеск стеклянный. Твердость 7–7,5. Хрупкий. Спайность по $\{010\}$ средняя, по $\{100\}$ и $\{001\}$ несовершенная. Излом раковистый. Плотность 2,53–2,78 г/см³. Показатели преломления: $n_g = 1,527\text{--}1,578$, $n_m = 1,524\text{--}1,574$, $n_p = 1,522\text{--}1,558$; $n_g - n_p = 0,005\text{--}0,018$. Дисперсия 0,017. Двуосный, положительный. $2V = 65\text{--}104^\circ$. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

Кордиерит встречается в метаморфических и изверженных породах, а также в россыпях.

Ювелирные кордиериты издавна были известны на островах Шри-Ланка и Мадагаскар, а также в Бирме, Индии (шт. Мадрас), Танзании, Бразилии, Канаде, США (штаты Калифорния, Вайоминг, Южная Дакота, Нью-Йорк, Нью-Гэмпшир), Гренландии, Англии, Норвегии, Финляндии.

В нашей стране прозрачные кордиериты открыты в 1856 г. Н.И. Кокшаровым на Среднем Урале, найдены они также в Забайкалье и ряде других мест.

Скаполит (от греч. *σκήπτρον* — столб, *λίθος* — камень), или вернерит, объединяет группу минералов, в пределах которой широко развиты изоморфные замещения. Крайние члены этого изоморфного ряда мариалит — $\text{Na}_4\text{Cl} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и мейонит — $\text{Ca}_4(\text{SO}_4, \text{CO}_3) [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]_3$.

Скаполит кристаллизуется в тетрагональной сингонии, тетрагонально-дипирамидальном виде симметрии. Структура его состоит из трехмерных каркасов кремне- и алюмокислородных тетраэдров. Внутри тетраэдров располагаются катионы натрия и кальция и анионы $[\text{SO}_4]^{2-}$ или $[\text{CO}_3]^{2-}$. Встречается скаполит в форме удлиненно-призматических, столбчатых кристаллов, иногда очень больших размеров — до 0,5 м в длину. Такие крупные кристаллы светлого соломенно-желтого или грязно-зеленого цвета называются строгановитом. Прозрачные красиво окрашенные камни, используемые как ювелирное сырье, обычно они не очень крупные; масса самых больших 60–70 кар.

Окраска скаполитов голубая (известны как самостоятельная разновидность глауколит, или глауколит), фиолетовая, розовая, желтая, оранжевая, красная, коричневая; встречаются бесцветные кристаллы. Окраска связана с анионными центрами (в первую очередь, сульфатными). У скаполитов наблюдается отчетливо выраженный дихроизм: в различных направлениях у них фиолетово-синий — синий, розовый — сиреневато-голубой, бесцветный — желтый, бледно-желтый — желтый цвет. Среди ювелирных скаполитов особенно интересны камни с эффектом "кошачьего глаза".

Блеск у скаполита стеклянный, на плоскостях спайности — с перламутровым отливом. Твердость 6 по шкале Мооса. Хрупкий. Спайность средняя по {100} и несовершенная по {110}. Излом ступенчатый или неровный. Плотность в зависимости от состава 2,50 г/см³ (у мариалита) — 2,78 г/см³ (у мейонита). Показатели преломления и двупреломление увеличиваются от мариалита ($n_o = 1,546\text{--}1,550$, $n_e = 1,540\text{--}1,541$, $n_o - n_e = 0,004\text{--}0,008$) к мейониту ($n_o = 1,590\text{--}1,600$, $n_e = 1,556\text{--}1,562$; $n_o - n_e = 0,024\text{--}0,037$). Дисперсия 0,017. Оптически одноосный, отрицательный. Скаполит люминесцирует в ультрафиолетовых лучах: в длинноволновом диапазоне желтым или оранжевым цветом, в коротковолновом — розовым или сиреневым.

Скаполиты приурочены к контактово-метасоматическим образованиям. Ювелирный скаполит известен в Бирме, где он впервые стал применяться в качестве ограночного сырья с 1913 г. Камни Бирмы красивого желтого, розового, фиолетового цвета; встречаются бесцветные, голубые и розовые, с эффектом "кошачьего глаза". Желтые скаполиты найдены в Бразилии (шт. Эспириту-Санту), на о. Мадагаскар, в Канаде (провинции Квебек, Онтарио). В Кении и Танзании обнаружены желтые и фиолетовые прозрачные ювелирные кристаллы. В СССР прозрачные бесцветные, желтые, фиолетовые ювелирные скаполиты встречаются на Памире.

При обработке камням придают бриллиантовую или ступенчатую огранку, иногда (особенно если наблюдается эффект "кошачьего глаза") гранят в форме кабошона. Ограненный скаполит похож на сподумен (в

частности, на кунцит), берилл (в частности, на воровьевит, отличается меньшими показателями преломления), розовый кварц и топаз (отличается меньшей твердостью) и ряд других минералов.

Родохрозит

Родохрозит, или марганцевый шпат, имеет очень красивый нежный розовый или малиновый цвет (от греч. *ροδοχρως* — цвет розы). Это и определило его применение в различных, не очень дорогих ювелирных изделиях и поделках.

Формула родохрозита — $\text{Mn}[\text{CO}_3]$. Кристаллизуется в тригональной сингонии, дитригонально-скаленоэдрическом виде симметрии. Структура аналогична структуре кальцита — в основе ее лежит ромбоэдрическая гранецентрированная элементарная ячейка. В виде хорошо образованных кристаллов встречается редко. Обычно он образует почко- и шаровидные агрегаты с радиальнолучистым строением, сплошные мелко- и грубозернистые или шестоватые массы, сталактиты.

Розовая окраска наблюдается у родохрозита из гидротермальных месторождений. Она связана с октаэдрическими комплексами Mn^{2+} в структуре кристаллов. Плеохроизм слабый — с изменением кристаллографических направлений изменяется интенсивность розовой окраски. Черта белая. Блеск стеклянный. Твердость 3,5–4 по шкале Мооса. Хрупкий. Спайность совершенная по ромбоздру $\{1011\}$. Плотность 3,4–3,6 г/см³. Показатели преломления: $n_o = 1,786\text{--}1,840$, $n_e = 1,578\text{--}1,695$; $n_o - n_e = 0,201\text{--}0,220$. Оптически одноосный, отрицательный. Колебания плотности и показателей преломления связаны с изоморфными замещениями марганца кальцием и железом. Люминесцирует в ультрафиолетовых лучах: в длинноволновом диапазоне розовым, в коротковолновом — слабофиолетовым цветом. При нагревании родохрозит бурно вскипает в HCl .

Как ювелирный материал наиболее известен родохрозит из Сан-Луи в Аргентине. Он применяется еще со времен инков, и за ним даже сохранилось название "розы инков". В середине XX в. были найдены и другие месторождения родохрозита в Аргентине. Имеется хороший родохрозит в Мексике, США (штаты Колорадо и Монтана), Румынии, Венгрии, ГДР, Индии. В СССР месторождения родохрозита обнаружены в Забайкалье, Закавказье и на Урале.

От родонита он отличается меньшей твердостью и способностью вскипать в HCl .

Апатит

Апатит — фосфат кальция состава $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_3$, кристаллизующийся в гексагональной сингонии. Получил свое название "обманщик" (от греч. *ап'ατη* — обман) за великое разнообразие его форм нахождения и окрасок. Желто-зеленая разновидность апатита называется спаржевым камнем, синяя и сине-зеленая — морокситом (от греч. *μороξος* — трубоч-

ная глина). Встречаются апатиты голубые, голубовато-зеленые, фиолетовые, желтые, зеленые, коричневые, бесцветные и с эффектом "кошачьего глаза". Прозрачные красиво окрашенные апатиты используются как ювелирный камень, который требует аккуратного обращения ввиду довольно низкой твердости — 5. Но такие ювелирные камни весьма редки и связаны в основном с пегматитами, гидротермальными или контактово-метасоматическими породами.

Кристаллы апатита могут достигать очень больших размеров. Известен кристалл массой 250 кг (Канада, Квебек). Ювелирные апатиты довольно небольших размеров, обычно не превышают 1–5 кар, изредка до 15–20 кар. Крупные камни золотисто-зеленого цвета массой 147 кар найдены в Кении, бездефектные камни массой 100 кар обрабатывались в Канаде [43].

Окраска апатита связана с многочисленными элементами-примесями, входящими в состав минерала. В синих манганопатитах окраску определяет пентавалентный марганец, образующий тетраэдрические комплексы MnO_4^{3-} . Розовая окраска апатита, исчезающая при нагревании до температуры 600 °C и восстанавливающаяся при облучении, связана с ионами Sm^{2+} . В спектрах зеленых и желтоватых апатитов фиксируются полосы поглощения Pr^{3+} . Существенную роль в окрашивании апатитов играют электронно-дырочные центры: фиолетовая окраска связана с междуузельными атомами (2F_i^-), зеленая и желтая — с F-центрами, зеленая и зеленовато-желтая с R_2 -центрами, голубая — с R_1 -центрами [24]. Голубые и голубовато-зеленые апатиты характеризуются отчетливым дихроизмом: голубой или голубовато-зеленый (Ne) — желтый (No). В остальных апатитах дихроизм выражен слабо.

Желтые апатиты могут люминесцировать лилово-розовым цветом в ультрафиолетовых лучах, голубые — фиолетово- или небесно-голубым, зеленые — горчишно-зеленым, фиолетовые — зеленовато-желтым. Блеск стеклянный, плотность 3,10–3,35 г/см³. Спайность несовершенная. Апатит оптически одноосный, отрицательный, $2V = 25\text{--}40^\circ$. Показатели преломления: $n_e = 1,598\text{--}1,666$, $n_o = 1,603\text{--}1,667$. У ювелирных, как правило, $n_e = 1,628\text{--}1,642$, $n_o = 1,632\text{--}1,649$. Двупреломление $n_o - n_e = 0,002\text{--}0,004$. Дисперсия 0,013.

Ювелирные апатиты встречаются в месторождениях различных стран. Синие апатиты известны в Бирме, Бразилии, Шри-Ланке, Финляндии; сине-зеленые (морокситы) — в Норвегии; зеленые — в Индии, Канаде, Мозамбике, Бирме, на о. Мадагаскар; желтые — в Мексике, Канаде, Бразилии; коричневые — в Канаде; фиолетовые — в ГДР, Чехословакии, США (штаты Мэн, Калифорния); бесцветные — в Бирме, Италии, ГДР; апатиты с эффектом "кошачьего глаза" — в Шри-Ланке и Бирме.

В Советском Союзе ювелирные апатиты обнаружены на Кольском полуострове и в Забайкалье — синие, в Восточном Забайкалье и на Памире — розовые, на Алдане — зеленые.

При обработке апатиту придают facетную огранку, менее прозрачные камни кабошонировуют.

При идентификации апатита следует обращать особое внимание на низкие твердость и двупреломление.

Бразилианит

Бразилианит — один из самых "молодых" ювелирных камней. Он найден в 1944 г. в пегматитах Бразилии (шт. Минас-Жерайс), а позже в 1947 г. в США (шт. Нью-Гэмпшир). Прозрачные и просвечивающие кристаллы красивого желто-зеленого и желтого цвета сразу привлекли внимание и стали использоваться как ювелирный камень.

Бразилианит является фосфатом натрия и алюминия — $\text{NaAl}_3[\text{PO}_4]_2 \times (\text{OH})_4$. Сингония моноклиная. Встречается в виде изометричных, короткопризматических, копьевидных кристаллов. Размер кристаллов бразилианита из Бразилии до 12×8 см.

В СмитсонIANовском музее находятся желтые бриллианты из Бразилии массой 41,9 и 17 кар, в Американском музее натуральной истории — обработанные бриллианты с изумрудной огранкой массой 23 кар и круглый массой 19 кар [43].

Блеск бразилианита стеклянный. Твердость 5,5; хрупкий. В кристаллах бразилианита наблюдается совершенная спайность по пинакоиду. Излом в других направлениях раковистый. Плотность $2,980\text{--}2,995 \text{ г/см}^3$. Показатели преломления: $n_g = 1,621\text{--}1,623$, $n_m = 1,609$, $n_p = 1,602$; $n_g - n_p = 0,019\text{--}0,021$. Двуосный, положительный, $2V = 71^\circ$. Дисперсия 0,014. Плеохроизм очень слабый. Не люминесцирует.

Гердерит

Гердерит — $\text{CaBe}[\text{PO}_4](\text{F}, \text{OH})$ открыт в начале XIX в. Кристаллизуется в моноклиной сингонии.

Гердериты ювелирного качества были найдены в США (штаты Нью-Гэмпшир и Мэн) и Бразилии (шт. Минас-Жерайс). Гердерит обнаружен в гранитных пегматитах и в оловянных россыпях в виде кристаллов, образующих щетки, нарастающие на бериллонит. Банком и Беккером (1977 г.) описаны бесцветные и сине-фиолетовые кристаллы довольно крупных размеров, в частности кристалл массой 172 г. Встречаются также светло-желтые, розовые и зеленые гердериты.

В Бразилии встречаются ювелирные гердериты массой до 25–30 кар, однако в обработанном виде крупнейшие из них содержат 5,9 (зеленый) и 3,6 (голубой) кар.

В СССР гердерит обнаружен в редкометальных пегматитах ряда районов и в оловорудных кварцевых жилах, в которых прозрачные желтовато-зеленые кристаллы гердерита размером до 5–8 мм нарастают на кристаллы кварца.

Блеск гердерита стеклянный. Твердость 5,5 по шкале Мооса; хрупкий. Плотность $2,95\text{--}3,02 \text{ г/см}^3$. Спайность несовершенная. Показатели преломления: $n_g = 1,619\text{--}1,627$, $n_m = 1,609\text{--}1,616$, $n_p = 1,587\text{--}1,604$; $n_g - n_p = 0,023\text{--}0,031$. Двуосный, отрицательный; $2V = 67\text{--}75^\circ$. Дисперсия 0,017 ($r > v$). Плеохроизм слабый. Зеленые гердериты из Бразилии люминесцируют фиолетовым цветом.

Минерал еремеевит встречается весьма редко. Он представляет собой борат алюминия — $\text{Al}[\text{BO}_3]$, кристаллизующийся в гексагональной сингонии, открыт в пегматитах горы Соктуй в Забайкалье. В 1974 г. были найдены прозрачные красиво окрашенные кристаллы еремеевита в пегматитах Намибии и описаны Г. Банком и Г.В. Беккером (1977 г.) как ювелирный материал.

Еремеевит встречается в виде призматических кристаллов зеленоватого, светло-василькового, темно-синего (Намибия) или бледно-коричневого цвета, иногда кристаллы бесцветные. Плотность $3,3 \text{ г/см}^3$. Твердость 6,5. Показатели преломления: $n_o = 1,647-1,653$, $n_e = 1,638-1,641$; $n_o - n_e = 0,008-0,013$. Одноосный, отрицательный. $2V \approx 0-50^\circ$.

По внешнему виду закономерно сростшиеся тройники еремеевита весьма напоминают кристаллы берилла, за которые они и были первоначально приняты.

Гематит

Гематит (от греч. *αἷματός* — кровь, *αἷματις* — похожий на кровь) — минерал состава Fe_2O_3 . Существует несколько синонимов гематита: кровавик, напоминающий запекшуюся кровь, с характерной чертой красного цвета; железный блеск — с сильным полуметаллическим блеском; железная слюдка — чешуйчатые агрегаты; красный железняк — плотная скрытокристаллическая разность; красная стеклянная головка — крупные почкообразные формы с радиальнолучистым строением.

В геммах, вставках в перстни, броши, браслеты издавна используют плотные скрытокристаллические образования, приобретающие после полировки черный с темно-красным отливом цвет и сильный металлический блеск. Могут применяться и крупные кристаллы пластинчатой, таблитчатой или ромбоэдрической формы.

Гематит является устойчивой модификацией окиси железа $\alpha = \text{Fe}_2\text{O}_3$, кристаллизующейся в тригональной сингонии, дитригонально-скаленоэдрическом виде симметрии. Твердость 5,5–6,5 по шкале Мооса. Хрупкий. Спайность отсутствует. Излом неровный. Плотность $4,95-5,26 \text{ г/см}^3$.

Ювелирные разности гематита связаны с гидротермально-метасоматическими или метаморфическими образованиями или с корами выветривания и зонами окисления колчеданных месторождений.

Месторождения гематита, пригодного для обработки, в СССР находятся в Казахстане (Западный Каражал, Большой Ктай, Кишкенесор). За рубежом ювелирный гематит встречается в Англии, ГДР, Бразилии, Канаде, Мексике, США (штаты Миннесота, Мичиган, Висконсин, Нью-Йорк и др.), Италии, на Кубе.

Обработанный гематит похож на морион, черный агат, обсидиан, гагат, от которых он отличается сильным металлическим блеском, высокой плотностью, красным цветом черты и твердостью.

Гематит используется не только в ювелирных изделиях — он является важной железной рудой.

Янтарь — это ископаемая смола. Отличительные особенности янтаря — солнечный цвет, прозрачность, горючесть, способность электризоваться при трении.

Янтарь был известен людям издавна. В захоронениях и на стоянках древних людей, относящихся к эпохе позднего палеолита — неолита, в Прибалтике, на Украине и в Средиземноморье часто обнаруживали амулеты, бусы, пластинки и куски необработанного янтаря. Первые упоминания о янтаре относятся к X в. до н.э. — в Британском музее хранится обелиск с клинописными записями об этом, возможно, первом драгоценном камне.

Поэтические описания янтаря встречаются у Гомера в "Одиссее", Фалеса Милетского, Платона, Гиппократ, Софокла, Эсхила и др. В древнегреческой мифологии есть красивая легенда о происхождении янтаря. Фазтон упрямил отца своего бога Солнца Гелиоса доверить ему управление небесными конями, запряженными в огненную колесницу. Но слабые руки юноши не смогли удержать взбесившихся коней. Разгневанный Зевс-громовержец разбил колесницу молнией и тело Фазтона упало в Эридан. Горько оплакивали Гелиады смерть своего брата, за что и были превращены в тополи. Смола-слезы тополей падала в Эридан и превращалась в янтарь. Из янтаря изготовляли бусы, кольца, подвески и всевозможные сувениры.

В XVII—XVIII вв. в Северной Европе обработка янтаря достигла довольно высокого уровня. В это время был изготовлен посох патриарха Филарета, оформлена знаменитая Янтарная комната Екатерининского дворца в бывшем Царском селе. Великолепные современные художественные произведения и ювелирные изделия, выполненные из янтаря, хранятся в Музее янтаря в Калининграде. Из янтаря изготавливают вставки для кулонов, колец, брошей, запонок (рис. 58), бусы, мундштуки, четки, а также сувениры — кубки, шкатулки, шахматы и т.д.

В настоящее время название "янтарь" [27] имеет несколько собирательный смысл. Янтарем называют любые ископаемые смолы; минеральные виды ископаемых смол, встречающихся на разных месторождениях, но имеющих общие технологические свойства; минералогические виды ископаемых смол, объединенных по местонахождению, — балтийский янтарь.

Наиболее распространен и популярен балтийский янтарь — сукцинит. Из других ископаемых смол можно назвать: айкаит, альмашит, амбрит, амброзин, беккерит, бирмит, валховит, геданит, глессит, делатинит, дуксит, иксолит, кефлакит, кисцеллит, копалит, кранцит, пиатра, ретинит, росторнит, румэнит, седарит, симетит, стантинит, телегдит, тринкерит, уилерит, шейбеит, шрауфит, яулингит, зуосмит, канзасит и др.

Янтарь образовался в процессе эволюции растительного покрова Земли. В.С. Трофимов [34] пишет, что наиболее вероятные янтарьпроизводящие семейства Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae и некоторые другие; поэтому предполагается существование соснового, таксодиевого, кипарисового и других генетических типов янтаря.



ис. 58. Вставки из янтаря

о В.И. Катинасу и др. (1971 г.), резкое потепление вызывало е смолоотделение янтареносных хвойных растений. Истечение и этом было очень интенсивным и многократным. В состав ее тучие компоненты (35 % терпенов $C_{10}H_{16}$ и α -пинен — основ-) и твердая часть (основная масса — смоляные кислоты ОН, 3% — смоляные спирты и неомыляемые вещества (резе- %).

иях жаркого климата поверхность живицы изменялась, вяз- жалась за счет испарения терпенов, происходило самоокисление сислот. Этот первый этап — этап отвердевания живицы и увели- ютности — продолжался сотни лет. Второй этап заключался в ии живицы — постепенном изменении первичного состава и цеств и интенсивном разложении в условиях теплого и влажно- отмершей древесины и выносе ее растворимых частей водами. процесс фоссилизации затухал, а живица покрывалась более отложениями. Так возникали месторождения первичного ян- тых месторождений.

рвичных месторождений подвергалась эрозионным процессам, е образовывались россыпи различных генетических типов, из обое значение имеют морские россыпи, содержащие глауконит. речающийся в месторождениях этой группы, характеризуется упкостью и несколько иным химическим составом.

гаморфизме первичных и россыпных месторождений янтаря из-

менялись окраска, строение и ряд других его свойств, что привело к образованию нового типа месторождений.

Основной промышленный тип месторождений — морские и прибрежно-морские россыпи. Разновозрастные россыпи такого типа известны в СССР (Азербайджан, Нагорный Карабах, Хаганская впадина), мелового возраста — на Аравийском полуострове, эоцен-олигоценового возраста — в Южной Швеции, ФРГ, ГДР, Польше, СССР (Украине, Белоруссии, Прибалтике), Бирме, Румынии, Мексике, миоценового возраста — в Польше и на Украине, современные прибрежно-морские россыпи — в СССР (на побережье Балтийского, Белого, Баренцова, Карского, Восточно-Сибирского, Охотского и др.), на побережьях о. Сицилия, Аляски и прилегающих к ней островов.

Балтийский янтарь (сукцинит) приурочен к Балтийско-Днепровской янтареносной провинции, вытянутой полосой на 2000 км, шириной 500 км с северо-запада на юго-восток. Янтареносная провинция проходит через Данию, Южную Швецию, северо-восточную часть ФРГ, северную часть ГДР, Польшу, часть Северо-Запада СССР (Калининградская обл., Литва, юг Латвии, юго-запад Белоруссии, Правобережная Украина). На этой территории долгое время было известно лишь одно промышленное месторождение (лагунно-дельтовые россыпи) — Приморское (Пальменикенское), которое находится на западном побережье Замландского полуострова в 60 км северо-западнее г. Калининграда.

Разработка этого месторождения начата в 1872 г. С тех пор оно дает по 100—500 т янтаря-сырца ежегодно. В последние годы открыли крупные проявления янтаря на Украине.

Промышленные скопления янтаря приурочены к отложениям палеоген-неогенового возраста, к глауконитовой или янтарной формации, среди которой залегает наиболее богатый янтарем пласт — голубая земля нижне-олигоценового возраста. Содержание янтаря в толще голубой земли — 0,1—10, в среднем 0,6—2 кг/м³. Распределение янтаря в толще неравномерное, максимальное в середине толщи.

Размеры выделения янтаря различные, от 1 мм до размера лимона или гусиного яйца. Редко встречаются уникальные выделения массой более 1 кг 300 г (рис. 59). Форма и текстура выделений также разнообразные: массивная, овальная, натежно-скорлуповатая, натежно-слоистая, трубчатая, линзовидная, серповидная. Поверхность выделений янтаря часто ноздреватая, окисленная, реже гладкая.

На основании различий в физических, физико-химических свойствах балтийский янтарь еще во второй половине XIX в. был разделен на шесть видов: 1) сукцинит (составляющий 98 % всего балтийского янтаря); 2) геданит (около 2 %); 3) стантинит (черный янтарь, редкий); 4) глессит (редкий); 5) беккерит (редкий); 6) краунит ("незрелый" янтарь, очень редкий).

По степени прозрачности среди балтийского янтаря выделяют разновидности: прозрачную, полупрозрачную, непрозрачную или просвечивающую в тонких сколах (бастард). Степень прозрачности янтаря, согласно Р. Клебсу, связана с наличием в нем мельчайших пустоток.

Цвет сукцинита золотисто- или медово-желтый, оранжевый, красноватый.

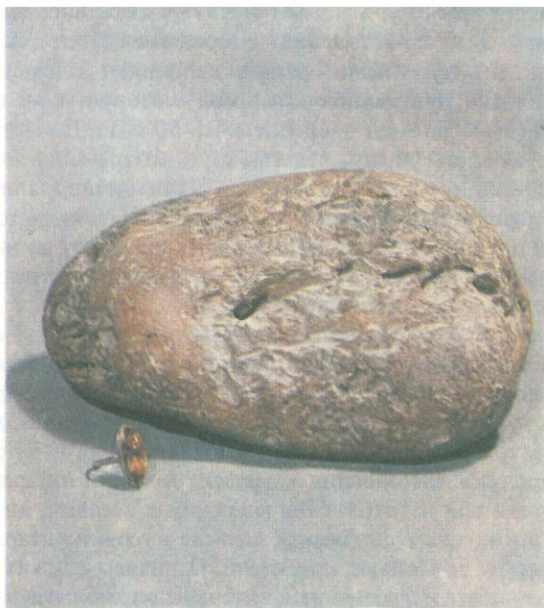


Рис. 59. Уникальный образец янтаря

то-коричневый, иногда черный, белый (костяной и пенистый янтарь), голубой и полосчатый (слоистый). Химический состав соответствует сложной смеси лактонов окисленных смоляных кислот, в различной степени полимеризованных и связанных друг с другом. Химическая формула может быть следующей: $C_{10}H_{16}O$ (или $C_{40}H_{64}O_4$), при содержании (в %) углерода 79, водорода 10,5, кислорода 10,5. В качестве примесей часто отмечаются N, S, CaO, SiO_2 , Fe_2O_3 и др.

Основные свойства янтаря: плотность $1,05-1,09 \text{ г/см}^3$, блеск жирный или стеклянный, показатель преломления $1,537-1,548$, твердость 2–3 по шкале Мооса, в ультрафиолетовых лучах люминесцирует голубым цветом.

Иногда в янтаре встречаются включения насекомых и растительных остатков. Эти образцы представляют особый интерес для коллекционеров и исследователей.

Только небольшая часть добываемого янтаря довольно крупного размера и пригодна для изготовления ювелирных, ювелирно-галантерейных и сувенирных изделий. Мелкий янтарь, составляющий 90 % от добычи, идет на переработку: незагрязненный — на прессование, остальной — на химическую переработку (методом сухой перегонки). Получаемые в результате переработки продукты находят самое разнообразное применение.

Прессованный янтарь, или амброид, наряду с натуральным широко используется в ювелирной и камнерезной промышленности. В основу процесса прессования положена особенность янтаря становиться пластичным при нагревании до $140-200^\circ \text{C}$ без доступа воздуха. Впервые прессо-

вание янтаря было применено в 1881 г. двумя австрийскими фирмами. Известен ряд методов изготовления прессованного янтаря. По методу Шпиллерса мелкими кусочками янтаря заполняют плоскую стальную пресс-форму с плотно пригнанной крышкой, которую помещают в горячий глицерин или парафин под давлением 40–50 МПа. По методу Требича в цилиндрическую пресс-форму, наполненную янтарем, вставляют полый стальной цилиндр, на который давит пресс. В дне цилиндра имеются мелкие отверстия, через которые при прессовании выдавливается янтарь. В полом цилиндре находится подогнанный по его диаметру подвижной груз, который давит на проникшие в отверстия струи размягченного янтаря и способствует их лучшей распрессовке.

Подбор различного по оттенкам и степени замутненности естественно-го янтаря и добавка красителей в сочетании с особыми режимами давления позволяют получать различные по окраске и структуре продукты. На Калининградском янтарном комбинате прессование производят в основном при температуре 230–250 °С и давлении 0,26 МПа.

Исходный продукт прессования — мелкие кусочки янтаря, отходы от переработки янтаря при изготовлении ювелирных вставок, янтарная мука (измельченные в конусных дробилках мелкие кусочки янтаря). Иногда в прессованный янтарь добавляют красители. Отличием служит следующее: в поляризованном свете прессованный янтарь ведет себя как агрегат и размягчается под действием эфира.

В ювелирном деле с древних времен применяют так называемый облагороженный янтарь. Янтарь проваривали в меду для получения красноватого цвета, однако при этом часто появлялась тонкая сеть трещинок. Для просветления янтарь кипятят в растительном масле, а для подкрашивания в масло добавляют органические красители.

Для получения более прозрачных или более светлых сортов янтаря в настоящее время применяется также термообработка его в автоклаве при температуре 272 °С и давлении 3,5 МПа в среде азота в течение 8 ч, с последующим охлаждением в этом же автоклаве в течение суток. Путем термообработки высоких сортов естественного или прессованного янтаря в горячей печи при температуре 220 °С в течение 1,5–2 ч с последующим охлаждением под листом асбеста на прокаленном песке получают так называемый игристый янтарь. Такой янтарь, содержащий небольшие веерообразные трещинки, создающие дополнительную "игру" камня, считается наиболее ценным и вставляется в золотые изделия.

В качестве имитаций янтаря используются различные пластмассы (бакелит, бернат и др.). Янтарь отличается более низкой плотностью и голубой люминесценцией в ультрафиолетовых лучах.

Кроме ювелирного дела янтарь используется в самых различных целях. Из янтаря изготавливали увеличительные стекла, лупы, стекла для очков, линзы для микроскопов. Эти оптические изделия лучше по качеству, чем стеклянные, хотя уступают последним по твердости. Известно применение янтаря при изготовлении электроскопов, спиртометров и т.д. Янтарное масло используется для изготовления янтарного лака, которым покрывали инструменты такие замечательные мастера, как Амати, Страдивари. Янтарным маслом пропитывают древесину (например, железнодо-

рожных шпал) для предохранения от гниения, а также его используют в качестве формовочного масла в литейном деле и как флотационное масло для обогащения руд различных полезных ископаемых и угля.

Плавленный янтарь, или янтарная канифоль (составляющая 65 % от всего перерабатываемого сырья), используется для получения лаков, применяемых в консервной промышленности, для покрытия электропроводов, мебели, полов, музыкальных инструментов и т.д. Янтарные лаки по прочности и блеску лучше всех других лаков. Прессованный янтарь применяется в качестве изоляторов в электропромышленности и приборостроении, для изготовления медицинской посуды, приборов и инструментов для переливания и консервирования крови, что связано с ничтожной смачиваемостью янтаря, его способностью препятствовать гемолизу (процессу разрушения кровяных телец). Янтарная кислота и ее соли используются в фармакологии, парфюмерии, в цветной фотографии, при изготовлении заменителей кожи, красителей, в качестве биогенного стимулятора в сельском хозяйстве и др.

Жемчуг

Жемчуг — один из самых излюбленных ювелирных камней и применяется только в ювелирном деле. Его происхождение связано с процессом жизнедеятельности моллюсков.

Сбор морских жемчужных моллюсков — очень тяжелый и опасный промысел. Ловцы жемчуга собирают моллюсков в сетки со дна моря. На берегу раковины вскрывают и тщательно осматривают. В местах традиционного лова жемчуга только в одной из 30—40 раковин оказывается жемчужина. Часто в одной раковине находится одна-три жемчужины, иногда больше. Так, известен случай, когда в одной раковине, найденной у побережья Индии, было 87 жемчужин. Размеры жемчужин могут колебаться от очень маленьких (с булавочную головку) до весьма значительных (например, найденная у берегов Панамы жемчужина испанского короля Филиппа II массой 134 кар). Самая крупная жемчужина массой 450 кар (1800 гран) хранится в Геологическом музее в Лондоне. В Британском национальном музее находится жемчужина массой 80 кар. Всемирную известность приобрела необыкновенно красивая жемчужина "Пилигрима" (или "Пелегрина"), найденная у берегов Индии. Масса жемчужины 28 кар (величиной с грецкий орех), форма идеально сферическая. По мнению специалистов, она может соперничать с жемчужиной "Регент" величиной с голубиное яйцо, "превосходной воды и игры". В корону английских королей вставлены три знаменитые черные крупные жемчужины.

Самый крупный отборный жемчуг в Древней Руси называли "бурмитским зерном", мелкий несверленный жемчуг — "семенным жемчугом". В Черном море около г. Кафа (нынешней Феодосии) добывали "кафимский жемчуг". Жемчуг из Персидского залива называли восточным или "ориенталь"; это был самый ценный вид жемчуга.

Форма жемчуга может быть различной: правильной сферической, продолговатой, полусферической, каплевидной, неправильной (барокко).

Жемчужины уродливой формы, напоминающие спину лягушки, голову лошади и т.п., называют "парагонами".

Традиционное место лова морского жемчуга — Персидский залив, залив Манаар, Красное море (*Pinctada radiata*), моря у побережья Австралии (*Pinctada margaritifera*, *P. maxima* и *P. carcharium*), моря Японии (*Pinctada martens*).

Условия лова жемчуга в настоящее время мало отличаются от тех, что были и 2 тыс. лет назад. Пытались использовать моторные лодки и сети для вылавливания моллюсков, но эти способы имеют ряд отрицательных сторон. Правда, при ловле больших моллюсков *Pinctada maxima* у берегов Австралии часто пользуются современными подводными костюмами.

Во времена испанских конкистадоров довольно интенсивно добывали жемчуг у берегов Венесуэлы (*Pinctada radiata*), в Мексиканском заливе (*Pinctada margaritifera*). Известны находки жемчуга (*Pinctada squamulosa*) в Панамском заливе у побережья Колумбии. В настоящее время добыча жемчуга у берегов Америки не имеет какого-либо значения.

В водах Флориды и Калифорнийского залива добывают иногда гигантские моллюски *Strombus gigas*.

Кроме жемчуга в ювелирном деле используют также раковины моллюсков. В американских водах, а также в водах Новой Зеландии обитает моллюск *Abalone*, жемчужина которого отличается переливчатым или красноватым цветом.

На небольшой глубине морские жемчужные моллюски обычно живут колониями. Самая благоприятная температура для них 25 °С, продолжительность жизни 3—11 лет. Моллюск находится в плотно закрытой раковине, из которой выступает бюссус (узелок), которым моллюск прикрепляется к камням, кораллам и т.п.

Образование жемчужины — отклонение от нормального биологического процесса. Жемчужина появляется в том случае, если между раковиной и телом моллюска попадает инородное тело — острый гравий, песчинка, обломок раковины, мельчайшие паразиты-насекомые (в последнем случае формируется особенно дорогостоящий жемчуг). Вокруг инородного тела-раздражителя образуется жемчужный мешочек, на внутренней поверхности которого вырабатывается перламутр в виде сферических слоев, состоящих из мельчайших пластинок арагонита (карбоната кальция), ориентированных перпендикулярно к поверхности слоев. Такое радиальное и концентрическое строение — основной признак внутреннего строения жемчужин. Помимо арагонита, составляющего 82—96 % жемчуга, в его состав входит 10—14 % органического вещества (конхиолина) и 2—4 % воды. Плотность жемчуга 2,60—2,80 г/см³. Твердость 3,5—4,5 по шкале Мооса.

Встречаются слегка прозрачные жемчужины, которые очень высоко ценятся. Важное свойство жемчуга — его блеск. Наибольшим блеском с перламутровым отливом характеризуются жемчужины Персидского залива и залива Манаар, т.е. жемчужины с Востока — orient. В связи с этим самый лучший сорт жемчуга называют ориенталь. Блеск жемчуга объясняется преломлением и отражением лучей в призматических слоях арагонита.

Цвет морского жемчуга белый, желтый, кремовый, розовый, голубой,

красный, черный. На цвет, вероятно, влияет химический состав воды, количество органического вещества в приповерхностных частях жемчужины и т.д. Часто морской жемчуг люминесцирует в ультрафиолетовых лучах голубоватым, белым, зеленоватым цветом.

Определенный вид жемчужных моллюсков (*Unio* и *Unio margaritifera*) обитает в пресных водах Европы, Америки, Китая. Для жизни этих моллюсков необходима чистая проточная или стоячая вода. Поэтому загрязнение вод промышленными отходами резко сократило число водоемов, пригодных для существования жемчужниц.

Россия издавна славилась своим жемчугом. Прекрасными русскими жемчужинами различного цвета украшали императорские короны, ордена, церковную утварь и одежду. В реках и озерах европейской части России было много жемчуга. С XV в. в России добывали жемчуг в оз. Ильмень и на р. Вазуга. Но шло время, и развивающаяся промышленность, судостроение, строительство плотин разрушили природные богатства. В настоящее время только в водах Северо-Запада европейской части СССР сохранился (а точнее, возобновили) жемчужный промысел. Речной жемчуг встречается также в реках Великобритании (Шотландии, Северном Уэльсе, Ирландии), Франции, Скандинавии, Австралии, Северной и Южной Америки, Восточного Пакистана.

Речные жемчужные моллюски могут жить до 100 лет. Встречаются жемчужины значительных размеров и довольно разнообразной формы — правильной круглой, грушевидной, неправильной, напоминающей крылья, собачий зуб и т.д. Нежные окраски — белая, розовая, голубоватая и др. — делают речной жемчуг неповторимо красивым.

Речной жемчуг, как и морской, содержит ядро с чужеродным телом, вокруг которого расположена конхиолиновая оболочка, а затем призматические и пластинчатые слои арагонита. Призматические пластинки в слое или пластинчатые слои арагонита отделены конхиолином. В речном жемчуге арагонита 10—95 %, конхиолита — 4,5—85 % и 0,5—4 % воды. Плотность ювелирных сортов речного жемчуга 2,61—2,78 г/см³. Часто люминесцирует в ультрафиолетовых лучах голубым или зеленоватым цветом.

Ювелиры жемчуг измеряют в гранах. Один гран равен 0,25 кар.

С глубокой древности жемчуг использовали как прекрасное драгоценное украшение. Он шел на изготовление ожерелий, подвесок, серег и т.д., жемчугом расшивали одежду светских и церковных вельмож, украшали оклады икон. В сокровищницах Алмазного фонда СССР и Оружейной палаты бережно хранятся уникальные произведения ювелирного искусства, украшенные жемчугом: "Шапка Мономаха", "Шапка казанская" и "Шапка алмазная", оклады икон "Богородица Одигитрия", "Владимирская богородица" и ряд других (рис. 60).

В жемчуге присутствует органическое вещество, которое может высыхать и разлагаться, поэтому жемчуг имеет определенный срок жизни, затем он тускнеет, расслаивается, разрушается. Однако при правильном хранении жемчуг не теряет своей красоты в течение многих сотен лет. Прежде всего, чтобы жемчуг не старел, его необходимо носить. Кроме того, не следует хранить жемчужины в слишком влажном или сухом месте, долго держать их на солнечном свете. Если жемчуг тускнеет, то его следует: 1) про-



Рис. 60. Колье с жемчугом

мывать в соленой воде или обрабатывать углекислым калием, а затем эфиром или 2) промывать в слабом растворе мыльной воды, а затем полировать смоченными в соляной кислоте отрубями или пробковой мукой [26].

Жемчуг издавна подкрашивали различными красителями, чтобы придать ему тот или иной цвет. Этим приносили непоправимый вред, так как красители разрушали конхиолин. Подкрашенный жемчуг считался фальшивым. Отличить искусственную подкраску можно под микроскопом — она распределена неравномерно.

В настоящее время очень распространен культивированный морской жемчуг. 90 % современной торговли жемчугом составляет торговля искусственно выращенным жемчугом японскими и в меньшей степени австралийскими компаниями. Метод культивирования жемчуга был запатентован в 1896 г. Кокихи Микимото. (В XIII в. Хоу-Тхеон-Фод и его последователи в раковины пресноводных моллюсков закладывали фигурки Будды, которые со временем покрывались перламутром. (Подобные опыты проводил шведский натуралист Карл В. Линней.) Микимото помещал в раковину моллюска бусины жемчуга, опускал моллюска вновь в воду; через несколько лет жемчужины становились более крупными.

В дальнейшем метод был усовершенствован: детально разработаны "ядерный" способ выращивания жемчуга (в качестве "ядра" использовались различные вещества и присадочная ткань) и "безъядерный". Были созданы плантации культивации жемчуга. Размер самых крупных япон-

ских культивированных жемчужин 10–12 мм — это результат 2–3-летней жизнедеятельности моллюска. Крупный жемчуг выращивают также в Австралии.

Получаемый жемчуг по составу и своим свойствам в целом соответствует естественному жемчугу. (Однако популярность его ниже, а следовательно, и цены, даже на лучшие сорта культивированного жемчуга.) В связи с этим возникает сложная задача — идентифицировать естественный и культивированный жемчуг. Были проведены многочисленные исследования, подробно описанные Р. Вебстером [50].

Прозрачность слоев материнского жемчужного ядра бусины культивированного жемчуга, в том случае, если они ориентированы параллельно лучу сильного света, можно определить на луцидоскопе, предложенном Сциллардом. Метод применим только для жемчуга с тонким покрытием. Для идентификации совершенно круглого жемчуга рекомендуется жемчужный компас, состоящий из мощного электромагнита, между полями которого в определенном положении в соответствии с кристаллографической структурой помещают исследуемую жемчужину.

На жемчужном микроскопе при помощи зеркально отполированной иглы или ртутной иглы, помещаемой в отверстие для нитки жемчужины, определяют толщину слоя природного жемчуга или толщину перламутрового покрытия культивированного жемчуга. Внутренний канал жемчужины можно исследовать на эндоскопе, оснащенный мощным источником света.

Весьма перспективны рентгеноструктурные методы. Результаты, полученные при исследовании, не всегда трактуются однозначно, однако к ним следует относиться внимательно. В частности, Р. Вебстер обращает внимание на то, что на лауэграмме культивированного жемчуга в отличие от естественного должен быть виден узор в виде мальтийского креста. В качестве диагностического тем же автором предложен метод рентгенолюминесценции: благодаря присутствию марганца в культивированном жемчуге последний светится в рентгеновских лучах, в то время как естественный жемчуг светится редко. Однако австралийский безядерный культивированный жемчуг также не обнаруживает свечения в рентгеновских лучах.

Советские исследователи Л.В. Бершов, Ю.Л. Орлов, А.В. Сперанский (1978 г.) предлагают способ диагностики природного морского и искусственно выращенного жемчуга методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) по наличию в спектрах ЭПР культивированного жемчуга линий поглощения Mn^{2+} , изоморфно замещающего Ca^{2+} . В натуральном морском жемчуге спектр Mn^{2+} , изоморфного Ca^{2+} , отсутствует. Таким образом, предлагаемый метод ЭПР можно рекомендовать как наиболее надежный, позволяющий объективно и быстро отличить природный жемчуг от культивированного.

Помимо культивированного жемчуга издавна применяются всевозможные имитации его: полые стеклянные шарики, покрытые изнутри тонким слоем жемчужной эссенции, изготовленной из рыбной чешуи, и залитые воском (бургундский жемчуг); шарики из опаловидного стекла, алебаstra (римский жемчуг), перламутра, покрытых перламутровым лаком, пластмасс и т.д. Такие имитации можно отличить по плотности, люминес-

ценции в ультрафиолетовых лучах. Стекланные имитации легко диагностируются по прозрачности в рентгеновских лучах, по наличию в них пузырьков воздуха и т.д.

Плотность поллой стекланный бусины обычно несколько ниже $1,55 \text{ г/см}^3$. Однако может использоваться стекло и с большей плотностью ($2,3\text{--}3 \text{ г/см}^3$ и выше).

Кораллы

Кораллы — излюбленное украшение с глубокой древности. В Германии в пещере Вильдшейер на стоянке эпохи палеолита найдены бусинки розового коралла.

Ценился коралл в Шумерском царстве, известна украшенная кораллами ваза, которой 5 тыс. лет. Древние греки считали розовый коралл символом бессмертия и счастья. Растертый в порошок коралл, по словам Плиния Старшего, применяли при лечении падагры, болезней кишечника и мочевого пузыря, при отравлениях. В средние века считалось, что коралл делает человека мудрым, предотвращает беду, останавливает кровь, снижает жар.

В наше время коралл также высоко ценится ювелирами всего мира.

Коралловые полипы — самая большая и наиболее организованная группа кишечнополостных. Живут они едиными особями или образуют колонии, состоящие из огромного числа особей, соединенных друг с другом скелетными образованиями, часто слагают целые рифы. В ювелирном деле используют далеко не все кораллы, а преимущественно один отряд подкласса восьмилучевых кораллов — красный коралл (*Corallium rubrum*).

Постройки красного коралла имеются в Средиземном море (у берегов Италии, Алжира, Туниса, Марокко), Красном море, а также у берегов Японии, Малайзии, Австралии, в Тихом океане (в районе Гавайских островов) и в других местах.

Остальные кораллы применяются в основном как коллекционный или сувенирный материал.

Кораллы образуют постройки древовидного облика с диаметром "ветвей" в среднем 4—6 мм. Растут кораллы очень медленно, примерно 75 мм в год.

Нежные кораллы белого, розового, телесно-розового (цвета "кожи ангела"), красного и темно-красного, изредка голубого и черного цвета хищнически истребляются — быстрее, чем они растут, в связи с чем остро актуален вопрос о защите кораллов.

Скелет состоит из карбоната кальция — $\text{Ca}[\text{CO}_3]$, в основном из кальция (поэтому в капле соляной кислоты коралл вскипает), с примесью карбоната магния, иногда окислов железа, марганца и др. В небольшом количестве (1—3 %) в нем содержится органическое вещество. В черном коралле (растет у берегов Китая, Индии и Гавайских островов) органическое вещество иногда составляет почти 100 %. Физические свойства кораллов полностью зависят от количества органического вещества. С его увеличением уменьшаются плотность (от 2,6—2,7 до 1,32—1,35 г/см³) и пока-

затели преломления (от 1,65—1,49 у розового коралла до 1,56 — у черного). Твердость кораллов лучшего качества — 3,5 по шкале Мооса. В ультрафиолетовых лучах коралл люминесцирует фиолетовым или красным цветом.

Из кораллов главным образом изготавливают бусы, браслеты, четки. Издавна кораллы использовались для гемм.

В качестве имитаций кораллов применялись кости животных, гипс, стекло, пластмассы.

В последние годы во Франции П. Жильсон разработал метод получения искусственных кораллов восьми цветов — красного, светло-розового, бледно-желтого, белого, цвета бычьей крови, семги, "кожи ангела", шампанского.

При создании искусственного коралла использовали природный кальцит из Новой шахты во Франции и краситель. Необходимые условия: высокое давление и адекватные температуры. Плотность белого и розового коралла, полученного таким способом, 2,60—2,70 г/см³, показатели преломления 1,468 и 1,658. Искусственные кораллы в семь раз дешевле натуральных такого же цвета и качества.

Гагат

Гагат (от лат. Gages — название реки в Малой Азии) — черный, коричнево-черный, блестящий после полировки камень. Обычно используется в ювелирном деле для изготовления четок, бус, сувенирных траурных украшений в Закавказье (арм. гешири — ночь), применялся с давних времен, в Британии найден в захоронениях доримского времени.

Гагат представляет собой разновидность бурого угля, образовавшуюся за счет углефикации хвойных деревьев семейства ауриекариевых в восстановительной анаэробной среде. Он наблюдается в виде прослоев и линз мощностью от 1—2 до 10—20 см в обыкновенных бурых углях или углистых глинистых сланцах.

Часто скопления гагата представлены стволами или ветвями деревьев, сохранившими исходную структуру [12].

В гагате, как и других ископаемых углях, органическая масса состоит из углерода (60—90%), водорода, кислорода, азота, могут отмечаться также примеси серы, фосфора, кальция, магния, алюминия и др. Содержание летучих компонентов, особенно водорода, в гагатах несколько выше, чем в других ископаемых углях.

Твердость гагата 2,5—4 по шкале Мооса. Плотный, вязкий, легко режется ножом и хорошо шлифуется и полируется, приобретая при этом смолистый блеск.

Незначительная твердость позволяет обрабатывать его на обыкновенном токарном станке. Излом раковистый.

Плотность 1,3—1,4 см³. Показатель преломления 1,64—1,68. Горит, давая коптящее пламя.

При трении иногда электризуется, с чем связано еще его одно название — черный янтарь.

Месторождения гагата находятся в Англии (Уитби, Йоркшир), Испании (Астурия), Франции (в департаменте Од), ФРГ (Вюртемберг), США (штаты Юта, Колорадо).

В СССР гагат издавна добывали на Кавказе — в Гелатско-Ткибульском каменноугольном бассейне, а также на Бешуйском месторождении в Крыму.

В качестве имитаций гагата применяются гагатоподобные сапропелитовые угли ("сибирские гагаты"), добываемые в Черемховском каменноугольном бассейне, антрацит, кеннельский уголь, образующийся при углефикации спор и пыльцы растений, а также кварц-морион, черный гранат-меланит, шерл — черный турмалин, обсидиан, оникс, стекло, пластмассы и вулканизированный каучук.

Идентификация гагата, как правило, не представляет большой сложности. От большинства ювелирных камней черного цвета (мориона, меланита, шерла, обсидиана и даже стекла) его отличает низкая твердость и плотность, смолистый блеск. "Сибирские гагаты" по сравнению с обычным, или как его иногда называют, европейским гагатом имеют более однородный облик, являются более хрупкими и иногда характеризуются коричневым или синеватым оттенком.

Синтетические ювелирные камни

Драгоценные камни издавна являлись предметом воспроизведения, однако только в конце XIX в. достижения химии и физики позволили создать синтетические драгоценные камни, не отличающиеся по своим свойствам от природных камней, а часто и превосходящие их. Археологическими исследованиями установлено, что в Древнем Египте (около 3 тыс. лет до н.э.) изготавливали цветные стекла, которые использовали как украшения и амулеты. Имитации драгоценных камней из стекла были широко распространены в Древнем Риме.

В "Естественной истории" Плиний Старший писал, что карбункулы (рубины) "подделываются из стекла так же, как и другие драгоценные камни, познаются они по пленкам внутри и по тяжести, а иногда по пузырькам, светящимся подобно серебру". Он же описал трехслойный сардоникс, называемый триплетом. Этот материал подгонялся и склеивался из трех слоев — черного, белого и красного.

Позже стали применять дублеты, состоящие из двух различных камней — сверху драгоценный, а снизу менее дорогой: горный хрусталь или стекло и т.п. В 1758 г. австралийский химик Иозеф Штрасс разработал способ изготовления стеклянного сплава, чистого и бесцветного с относительно высоким показателем преломления. Сплав, состоящий из кремния, окиси железа, окиси алюминия, извести и соды, прекрасно гранился и шлифовался и после огранки напоминал бриллианты. Такой искусственный камень называется "стразом".

Настоящий переворот в получении синтетических драгоценных камней был произведен французским химиком М.А. Вернейлем, который в 1892 г. разработал способ получения синтетического рубина. В промышленности этим методом стали пользоваться для выращивания синтетических рубинов, а затем и для синтеза других драгоценных камней — сапфира, шпинели, александритоподобного корунда и др. По мере развития и совершенствования техники выращивания монокристаллов были разработаны другие способы, которые позволяли получить ряд других синтетических камней — аналогов природного рутила, кварца, алмаза, изумруда и др. В последние годы созданы и новые виды кристаллов, аналогов которых нет в природе, — фабулит, иттрий-алюминиевый гранат, фианит* и др.

* В последние годы в СССР открыт новый минерал — тажеранит, представляющий собой кубическую модификацию ZrO_2 , содержащую незначительное количество CaO и TiO_2 . Таким образом, обнаружен природный аналог фианита. — *Прим. ред.*

Таким образом, в настоящее время существуют следующие виды синтетических ювелирных камней и их имитаций: 1) синтетические ювелирные камни, имеющие природные аналоги: корунды — рубин и сапфир, шпинель, рутил, алмаз, изумруд, кварц, александрит, опал, бирюза; 2) синтетические материалы, не имеющие природных аналогов: титанат стронция — фабулит, ниобат лития, иттрий-алюминиевый гранат, фианит и др.; 3) имитации ювелирных камней: стекла, дублеты и триплеты.

Синтетические ювелирные камни представляют собой искусственные кристаллы, полученные химическими или физическими методами, имеющие свойства, аналогичные природным камням тех же названий. Г.В. Банк пишет о том, что новые номенклатурные предписания специальной комиссии от 1970 г. установили более четкие определения синтетических камней: "Синтетические камни — суть окристаллизованные продукты, получение которых полностью или частично является делом рук человека. Их химический состав, кристаллическая структура и физические свойства в широком диапазоне совпадают с таковыми их природных прототипов (подлинных драгоценных и поделочных камней)" [4, с. 93].

Основные методы выращивания

В настоящее время существует ряд способов изготовления синтетических камней.

Синтез драгоценных ювелирных и технических камней по способу М.А. Вернейля считается классическим и является первым промышленным методом выращивания кристаллов корунда, шпинели и других синтетических кристаллов. В мире ежегодно выпускается около 200 т синтетического корунда и шпинели. Метод Вернейля заключается в следующем: к горелке с направленным вниз соплом через внешнюю трубу подводится водород, а через внутреннюю — кислород. В ток кислорода подается измельченный порошок окиси алюминия зернистостью около 20 мкм, полученный прокаливанием алюмоаммиачных квасцов, который при этом нагревается до определенной температуры и затем попадает в водородно-кислородное пламя гремучего газа, где он расплавляется. Внизу под соплом располагается стержень из спеченного корунда, выполняющего роль кристаллоносца. На него стекает расплавленная окись алюминия, образуя шарик расплава. Стержень кристаллоносца постепенно опускается со скоростью 5–10 мм/ч, при этом обеспечивается постоянное нахождение расплавленной растущей части корунда в пламени. На рис. 61 показана принципиальная схема установки для выращивания кристаллов этим методом. Диаметр образовавшихся кристаллов ("булек") обычно достигает 20 мм, длина 50–80 мм, иногда их размер гораздо больше. Бульки представляют собой поликристаллы. Для получения монолитного монокристалла бульку оплавляют путем подачи кислорода. При этом на оплавленной поверхности бульки часть кристаллов остается неразрушенной и они при последующем охлаждении бульки начинают расти за счет оплавленных разрушенных кристаллов.

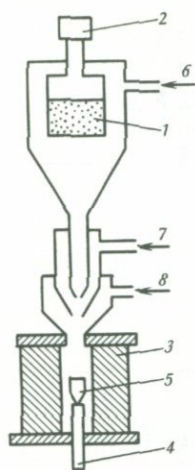


Рис. 61. Схема аппарата Вернейля:

1 — шихта; 2 — дозатор; 3 — кристаллизационная камера; 4 — кристалл; 5 — затравка; 6, 8 — подача кислорода; 7 — подача водорода

Для получения рубина к порошку окиси алюминия добавляют окись хрома, для синтеза сапфира — окись железа и титана, для синтеза александритоподобного корунда — соли ванадия. Этим же методом выращивают синтетический рутил и титанат стронция.

Второй распространенный метод выращивания синтетических кристаллов драгоценных камней — способ Чохральского. Он заключается в следующем: расплав вещества, из которого предполагается кристаллизовать камни, помещают в огнеупорный тигель из тугоплавкого металла (платины, родия, иридия, молибдена или вольфрама) и нагревают в высокочастотном индукторе. В расплав на вытяжном валу опускают затравку из материала будущего кристалла, и на ней наращивается синтетический материал до нужной толщины. Вал с затравкой постепенно вытягивают вверх со скоростью 1–50 мм/ч с одновременным выращиванием при частоте вращения 30–150 об/мин. Вращают вал, чтобы выровнять температуру расплава и обеспечить равномерное распределение примесей. Диаметр кристаллов до 50 мм, длина до 1 м. Методом Чохральского выращивают синтетический корунд, шпинель, гранаты, ниобат лития и другие искусственные камни.

Часто применяется метод кристаллизации из раствора в расплаве с использованием флюсов. При этом камни кристаллизуются из смешанного расплава,

состоящего из раствора соединения и флюсов — молибдатов, боратов, фторидов, окиси свинца и др. Кристаллизуют вещества обычно в платиновом тигле при температуре от 600 до 1300 °С (в зависимости от вида кристаллов). В расплав опускают затравку, а затем его охлаждают со скоростью 0,1–1 °С/ч. На затравке постепенно наращивается кристалл. Скорость роста невелика — за несколько недель кристалл вырастает на 3–4 см. Этот метод по эффективности не может конкурировать со способом Чохральского и применяется в тех случаях, если кристалл плавится инконгруэнтно или испытывает деструктивное фазовое превращение в твердом состоянии.

Очень эффективен гидротермальный способ выращивания кристаллов драгоценных камней. Процесс осуществляется в автоклавах при давлении $7 \cdot 10^7$ — $14 \cdot 10^7$ Па и температуре 300–900 °С. Автоклав заполняют раствором соответствующего минерала. В нижней части автоклава температура более высокая; когда насыщенный раствор поднимается вверх и попадает в условия с пониженной температурой, вещество осаждается на затравку природного кристалла. Нижняя и верхняя части автоклава разделены диафрагмой.

Последние два метода применяют для выращивания синтетических изумрудов, бериллов. Гидротермальным методом синтезируют разновид-

ТАБЛИЦА 19

Свойства синтетических ювелирных камней

Название	Химическая формула	Сингония	Оптический характер, двупреломление	Показатели преломления	Дисперсия	Блеск	Спайность	Твердость, по шкале Мооса	Плотность, г/см ³	Метод синтеза
Алмаз	C	Кубическая	Изотропный; часто с аномальным двупреломлением	2,417	0,044	Алмазный	Совершенная	10	3,52	Высокого давления и температуры
Корунд (рубин, сапфир)	Al ₂ O ₃	Тригональная	Анизотропный; 0,008–0,009	1,759–1,780	0,018	Стеклянный	Несовершенная	9	3,99–4,01	М.А. Вернейля, Чохральского, гидротермальный, горизонтально направленной кристаллизации
Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ)	Y ₃ O ₅ O ₁₂	Кубическая	Изотропный	1,834	0,028–0,038	Алмазный	Несовершенная	6,5	4,57–7,09	Чохральского, горизонтально направленной кристаллизации
Шпинель	MgAl ₂ O ₄	„	Изотропный, часто с аномальным двупреломлением	1,728	0,020	Стеклянный	Совершенная	8	3,63	М.А. Вернейля, Чохральского, флюса

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 19

Название	Химическая формула	Сингония	Оптический характер, двупреломление	Показатели преломления	Дисперсия	Блеск	Спайность	Твердость, по шкале Мооса	Плотность, г/см ³	Метод синтеза
Изумруд	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	Гексагональная	Анизотропный	1,56–1,59	0,014	Стекланный	Несовершенная	7,5–8	2,64–2,69	Раствор-расплавный, гидротермальный
Кварц	SiO_2	Тригональная	То же	1,544–1,553	0,013	То же	То же	7	2,65	Гидротермальный
Фианит	$(\text{Zr}, \text{Hf})\text{O}_2$	Кубическая	0,009 Изотропный	2,10–2,20	0,060	Алмазный		7,5–8	6–10	Расплавный
Рутил	TiO_2	Тетрагональная	Анизотропный	2,61–2,90	0,180–0,300	То же	Совершенная	6–6,5	4,25–4,32	М.А. Вернейля
Титанат стронция (фабулит)	SrTiO_3	Кубическая	Изотропный	2,41	0,10–0,20	”		5,5–6,5	5,13–5,15	”
Ниобат лития	LiNbO_3			2,20–2,30	0,120	”		5,5	4,64	Чохральского, раствор-расплавный

ности кварца и корунда, а методом флюса — иттрий-алюминиевые гранаты, корунды, шпинель.

Сверхтвердые синтетические минералы и материалы получают другими способами. Для выращивания алмаза необходимы давление $50 \cdot 10^8$ — $100 \cdot 10^8$ Па и температура более 1600°C . Процесс синтеза алмазов осуществляется из графита в присутствии катализаторов-металлов. В зависимости от времени синтеза получают кристаллы алмазов различных размеров. Такими же методами синтезируют другие сверхтвердые материалы: гексанит, эльбор, СВ и др., которые широко применяются в технике. В ювелирном деле синтетические алмазы и сверхтвердые материалы до сих пор не применяются.

В табл. 19 приведены основные группы синтетических драгоценных образований, их основные свойства и методы выращивания.

Синтетические корунды

Год рождения синтетического рубина — 1910 г. В лаборатории французского химика А.Е.Александра были получены искусственные рубины ювелирного качества по методу, предложенному Вернейлем в 1891 г. С этого времени этот метод стал промышленным. Сырьем для синтеза корунда служит тонкоизмельченный порошок окиси алюминия, получаемый при кальцинации аммоний-алюминиевых квасцов. Для окрашивания кристаллов добавляют окислы переходных металлов в концентрациях 0,1—2,0 %: окись хрома для рубина, окиси железа и титаната для сапфира, окиси никеля для желтого корунда, окиси кобальта для зеленого корунда и окиси ванадия для псевдоалександрита. Некоторые зарубежные фирмы ("Линде" в США, "Видерс Карбидверк" в ФРГ) с 1947 г. начали промышленное изготовление "звездчатых" сапфиров и рубинов. Эффект астеризма получается при добавке в исходное сырье небольшого количества (около 0,3 %) окиси титана. После синтеза полученные кристаллы отжигают длительное время в окислительной среде при температуре от 1100 до 1500°C ; при этом происходит пересыщение окисла титана и выделение тонких ориентированных игл рутила, которые обеспечивают известный эффект шестилучевой звезды.

Способ выращивания синтетических корундов по методу М.А. Вернейля до 1940 г. был распространен только в Европе. Им занимались такие фирмы, как "Sodem Djevahirdjian" ("Содем Дьевайрдиан") в Швеции, "Baikowski" и "Rubis Synthdes" ("Байковский" и "Рубис синтез") во Франции, "Wieders Carbidwerk" ("Видерс Карбидверк") в ФРГ. С 1940 г. этот метод распространился в США, когда фирма "Линде" начала промышленный выпуск синтетических корундов.

Методом Чохральского можно получить синтетические корунды любой формы — трубчатые, стержневые, ленточные и др. Такие профилированные изделия из корундов широко применяются в технике.

Синтезируя рубины по методу флюса или гидротермальным способом, возможно получить ювелирные камни весьма высокого качества. Этими методами фирма "Чатэм" (США) изготавливает ювелирные рубины размером до 60 мм.

В СССР методы выращивания синтетических корундов были освоены еще в 20-х гг. В настоящее время в Институте кристаллографии АН СССР им. А.В. Шубникова разработаны и применяются новые методы синтеза корундов, при помощи которых получают изделия из корундов самой различной формы. В институте были созданы установки "Сапфир-1М" и "Сапфир-2М", в которых синтезируются корунды методом направленной кристаллизации, предложенной Х.С. Багдасаровым. Этот способ позволяет выращивать кристаллы лейкосапфира в виде пластин больших геометрических размеров с определенной заданной кристаллографической ориентацией.

Суть нового метода заключается в том, что молибденовый контейнер, заполненный исходным материалом, помещается в вакуумную печь, где его нагревают до температуры более 2000 °С. При этом расплавляется окись алюминия. Контейнер с расплавом медленно перемещается в зоны с более низкой температурой и при снижении температуры до определенного значения расплав кристаллизуется. В настоящее время этим способом получают кристаллы массой более 4 кг. Весь процесс автоматизирован, за соблюдением режимов наблюдают датчики, дающие информацию на ЭВМ, которая управляет синтезом кристаллов.

В настоящее время в СССР освоено промышленное производство ювелирных и технических корундов. Прозрачные, тонкие, легкие трубки различного сечения и длины, полые трех-, четырех- и шестигранные призмы, нитеводители, швеллеры и уголки разных размеров из корунда — эти изделия применяются в лазерной технике, радиоэлектронике, светотехнике, химической промышленности, приборостроении. Там, где другие материалы не выдерживают высоких температур и действий агрессивных сред, используются изделия из корундов. Резцы из корунда позволяют без дополнительной заточки обработать в несколько раз большее число деталей, чем твердосплавные резцы. Сапфиры применяются даже в пищевой промышленности в виде датчиков для контроля состава сиропов, соков, жидких веществ. При этом срок работы датчика из сапфира увеличился до 2—3 лет против 3—4 месяцев работы датчика из стекла.

Синтетическая шпинель

Синтезируется этот красивый драгоценный камень способом М.А. Вернейля, практически так же, как и корунды.

Для изготовления шпинели используют смесь окисей алюминия и магния, получаемые соответственно из аммоний-алюминиевых квасцов и сульфата магния. Форма выращиваемых кристаллов — параллелепипед с квадратным сечением.

Шпинель применяется в основном в ювелирных изделиях (рис. 62), В связи с этим в состав смеси вводят различные окрашивающие примеси металлов, в том числе трехвалентный хром, который придает камням красный или сочный густой зеленый цвет. Зеленую шпинель ювелиры называют бразильским турмалином, также иногда называют голубовато-зеленую шпинель, очень похожую на аквамарин.



Рис. 62. Вставки из синтетической шпинели

Синтетический берилл (изумруд)

В середине прошлого века при нагревании порошка природного изумруда в боросиликатном расплаве получили несколько кристаллов изумруда призматической формы. Дальнейшие работы в области синтеза изумруда связаны с исследованием метода кристаллизации из расплавов компонентов, составляющих изумруд, с применением различных флюсов — окисей лития, молибдена и др. До 50-х гг. XX в. синтез изумрудов исследовался в лабораторных условиях. Первый коммерческий изумруд был изготовлен К.Ф. Чатэмом (США), а позже П. Жильсоном (Франция).

В настоящее время известен ряд промышленных методов выращивания синтетических изумрудов, применяемых в СССР, США, Японии, Франции, ФРГ и других странах. Известны синтетические изумруды — "Эмерита" или "Симеральд", изготавливаемые в Австрии. Они представляют собой ограненные вставки из светлого берилла, на которые нарашен слой синтетического изумруда толщиной 0,3 мм. Цвет их бледно-зеленый.

Фирмы "Чатэм" (США) и "Жильсон" (Франция) выпускают синтетические изумруды "Эмеральз", выращенные из раствора в расплаве с флюсом на заправку из пластин берилла. В качестве флюса применяют окиси лития и вольфрама или окиси лития и молибдена. Процесс синтеза протекает очень медленно — в течение месяца наращивается слой толщиной в 1 мм.

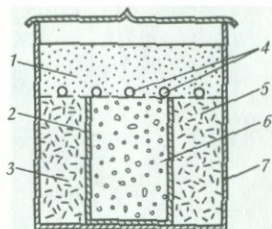


Рис. 63. Схема установки для выращивания изумрудов:

1 — растворитель; 2 — цилиндрический платиновый стакан; 3 — смесь из двух компонентов; 4 — затравочное устройство; 5 — платиновая отбойная пластина; 6 — третий компонент; 7 — платиновый тигель

В последние годы получил развитие гидротермальный метод синтеза изумрудов, при котором рост кристалла изумруда осуществляется также на затравку из природного берилла при температуре 500–600 °С, давлении 70–140 МПа с заполнением автоклава расплавом на 2/3 объема. Скорость роста кристаллов 0,8 мм/сут. Этим методом выращиваются изумруды фирмой "Линда" (США). Более точная технология и условия синтеза изумрудов фирмой не публикуются.

Интересен метод синтеза изумруда, разработанный японскими исследователями Хиронаса и Сэйдзо. Установка представляет собой платиновый тигель с горизонтальной платиновой отбойной перегородкой. Нижняя часть тигля разделена цилиндрической платиновой стенкой (рис. 63). Смесь из любых двух компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , BeO_2) помещают в кольцевое пространство, третий компонент — в центральную часть. В верхней части отбойной перегородки размещают затравочные кристаллы. Затем в реактор вводят растворитель из молибдата лития или пятиокиси ванадия и всю систему равномерно нагревают до температуры выше точки плавления каждого из компонентов смеси. Когда температура каждой из изолированных компонентов смеси становится выше точки плавления растворителя, начинается плавление. В результате диффузии компоненты поднимаются к затравочным кристаллам, проходят через отбойную перегородку и смешиваются в верхней части. После этого начинается процесс роста изумрудов на затравках.

Далее расплав выдерживают при постоянной температуре в течение определенного времени, затем медленно охлаждают, массу извлекают из тигля и растворяют в воде, где в качестве растворителя применяют молибден лития, или в соляной кислоте, если растворителем служит пятиокись ванадия. В результате получают прозрачные бесцветные кристаллы, не отличающиеся по физическим, химическим свойствам от природного изумруда. Красивый зеленый цвет достигают добавлением небольшого количества в раствор окиси хрома. Японская фирма "Киоте Керамик и К^о" этим методом изготавливает около 300 кар в год синтетических изумрудов. Успешно выращиваются изумруды в СССР.

Синтетический кварц

В настоящее время кварц выращивают гидротермальным способом в стальных автоклавах. Растворителем сырья природного кварца служат растворы гидроокисей и карбонатов щелочных металлов — натрия или калия в концентрации от 3 до 15 %. Синтез проводят при давлении 50–

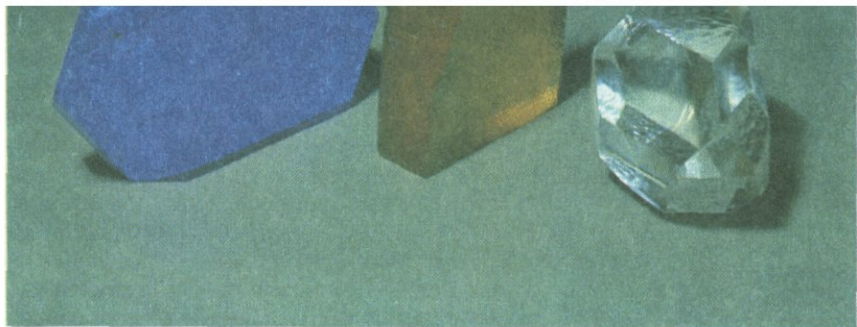


Рис. 64. Синтетический кварц

150 МПа при температуре 250–450 °С. Для затравки используют пластины или стержни природного кварца, которые ориентируют параллельно кристаллографическим плоскостям (0001) и (1120). Скорость роста кристаллов — до 0,5 мм/сут. Было установлено, что если в калиевые расплавы исходного раствора с низкой концентрацией калия добавить железо, то образуются бурые кристаллы, при более высокой концентрации калия — зеленые.

При синтезе кварца в системе $\text{H}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{CO}_2$ с добавкой окислителей при давлении 150 МПа зеленая и бурая окраска изменяется на золотисто-желтую-цитриновую (рис. 64). Появление такой окраски зависит от концентрации ионов трехвалентного железа в растворе. При дальнейшем увеличении концентрации железа кристаллы становятся оранжево-красными.

Синюю окраску кристаллов получают, вводя в систему $\text{H}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{CO}_2$ кобальта. Густота окраски зависит от содержания кобальта: в голубых кристаллах его до 0,001 %, а в ярко-синих до 0,02 %.

Аметистовую окраску получают при выращивании кристаллов в калиевой системе при температуре 320–420 °С и давлении — 1000–1400 · 10⁵ Па. Если в систему $\text{H}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{CO}_2$ ввести избыточное количество трехвалентного железа и снизить содержание примеси алюминия, то кристалл становится дымчатым. После ионизирующего облучения цвет кристаллов становится прочным аметистовым. Введенный в систему алюминий частично замещает кремний, в результате после ионизирующего

облучения кристалл кварца приобретает дымчатую окраску, типичную для раухтопаза. При увеличении концентрации алюминия можно получить черную окраску, подобную цвету мориона.

Цветной синтетический кварц широко применяется в ювелирной промышленности, а бесцветные от разности в технике: радиоэлектронике, оптике, химической промышленности. В СССР налажено промышленное производство синтетического кварца.

Синтетический рутил

Постоянным присутствием примесей в природных кристаллах рутила объясняется его темный цвет. В результате проведенных исследований в фирмах "Линда" и "Националь Лед и К°" (США) в 1948 г. разработали способ выращивания синтетического рутила по методу М.А. Вернейля. Получают кристаллы черного цвета, но после отжига в струе кислорода при низкой температуре они становятся почти бесцветными или приобретают желтоватый оттенок.

Синтетический рутил используется в ювелирных изделиях только как заменитель алмаза, поскольку его показатель преломления и дисперсия значительно выше, чем у алмаза. Игра света у этого камня также очень сильная, что позволяет его легко отличить от бриллианта.

Титанат стронция (фабулит)

По сравнению с рутилом этот синтетический камень более подходит для замены алмаза в ювелирных изделиях. Он совершенно бесцветен, оптически изотропен, и его показатель преломления (2,41) аналогичен алмазу. Дисперсия у фабулита (0,10—0,20) более высокая, что обеспечивает красивую игру при изменении углов падения лучей света или освещения. Твердость фабулита 5,5—6,5, поэтому его целесообразно использовать для изготовления серег или кулонов, а не в кольцах, где он быстрее изотрется.

Синтез титаната стронция осуществляется по известному методу М.А. Вернейля.

После выращивания кристаллы обязательно отжигают в струе кислорода при низкой температуре. За рубежом промышленный выпуск фабулита осуществляет фирма "Националь Лед и К°" (США). В СССР фабулит не выпускается.

Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ)

Иттрий-алюминиевая окись ($Y_3Al_5O_{12}$) имеет структуру граната и чаще называется иттрий-алюминиевый гранат — ИАГ или гранатит. Выращивается ИАГ чаще всего по методу Чохральского, однако хорошие результаты

дает и метод кристаллизации из расплава с флюсом. Условия синтеза ИАГа весьма подобны условиям выращивания корунда.

Вначале иттрий-алюминиевый гранат применялся только в технике; добавляя некоторые лантаноиды (в частности, неодим), выращивали кристаллы, используемые в лазерной технике: кроме того, кристаллы ИАГ служат подложкой при синтезе ферромагнитных гранатов типа $Y_3Fe_5O_{12}$ (ИЖГ).

В последние годы ИАГ широко применяют в ювелирных изделиях. Благодаря добавкам лантаноидов стало возможно получать кристаллы разного цвета — красные, зеленые, желтые, коричневые и др., не встречающиеся в природе. За рубежом ИАГ выпускает ряд фирм, наибольшую популярность имеют гранаты фирмы "Линда" (США).

В СССР ИАГ изготавливают по методу направленной кристаллизации, позволяющему выращивать идеально правильные и чистые кристаллы.

Искусственный гранат образуется при высоких температурах в глубоком вакууме в специальных аппаратах. Завод выпускает светлые гранаты, розовые, желтые и зеленые. Время синтеза — около 4 сут. Ведутся исследования, направленные на получение кристаллов ИАГ любой окраски — от пурпурной и лимонной до чисто-голубой и сиреневой.

Ниобат лития

Ниобат лития — $LiNbO_3$ — относительно мягкий синтетический камень (твердость около 5,5 по шкале Мооса). Интересен он прежде всего оптическими свойствами. Показатель преломления его 2,2—2,3, дисперсия высокая 0,120, что обеспечивает красивую игру камня.

Кристаллы выращивают по методу Чохральского. При добавках в расплав окислов металлов переходной группы можно получить кристаллы различной окраски: при введении окиси хрома — зеленую, окиси железа — красную, окиси кобальта — голубую или синюю. В СССР ниобат лития не синтезируют.

Фианит

В 1970—1972 гг. Физический институт Академии Наук СССР (ФИАН) разработал способ изготовления нового синтетического материала на основе кубической модификации окиси циркония и гафния (Zr, Hf) O_2 , — фианит. Природным аналогом фианита является тажеранит, открытый на Тажеранском массиве. Фианит обладает хорошей огнеупорностью и химической стойкостью, высокой степенью прозрачности, показателем преломления и дисперсией. Температура плавления фианита 2600—2750 °С, твердость 7,5—8 по шкале Мооса, плотность 6—10 г/см³, показатель преломления приближается к алмазу 2,1—2,2. По химическому составу фианит представляет собой окись циркония в сочетании с добавками редкоземельных элементов — эрбия, церия, неодима или кобальта, ванадия, хрома и железа. Кристаллы фианитов образуются из расплавленной массы эле-

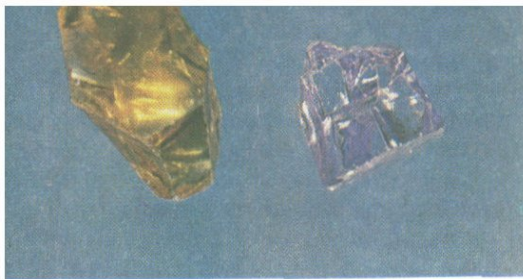


рис. 65. Образцы фианитов

щих в его состав. Процесс кристаллизации происходит на атравках при охлаждении расплава. Скорость роста кристаллов и его плотность определяются химическим составом. Число примесей перечисленных элементов придает фианит разный цвет и оттенки: красный, розовый, фиолетовый, голубой, белый и др., кроме изумрудного. По цветовой гамме фианиты напоминают с аметистом, гранатом и цирконом, по красоте они не уступают алмазу (рис. 65).

Высокий показатель преломления фианитов, близкий к алмазу и бриллианту, создает особую игру света при различных условиях освещения в сочетании с разнообразной окраской позволяют использовать природные драгоценные камни из фианитов, а также создавать оригинальные по окраске.

Под действием фиолетовых лучей фианит в зависимости от примесей может приобретать голубым, желтым, фиолетовым и другим цветом.

В большом количестве фианиты начали выпускать в СССР с 1955 г. и он завоевал всеобщее признание как в технике, так и в ювелирной промышленности. Из него изготавливают высококачественные оптические приборы и очки, так как благодаря высокому показателю преломления почти плоские линзы обеспечивают высокую оптическую коррекцию зрения, а также оптические устройства для квантовых генераторов. Активен этот материал и для химической промышленности,

так как фианит химически стоек в агрессивных средах, тугоплавок, не окисляется и не испаряется при температурах более 2500 °С. Он является изолятором, но при нагревании до температуры более 300 °С становится проводником.

Обрабатывать фианит можно только в определенных направлениях кристалла. Он довольно сложен в обработке, легко растрескивается и крошится. Выход при огранке сырья обычно не превышает 10–15 %. При огранке высота нижней части камня должна быть более глубокой, что улучшает его "игру", а "площадка" — более широкой. Грани фианитов слегка закруглены, что служит дополнительным отличием этих камней от бриллиантов.

Подобный фианиту материал для имитации драгоценных камней выпускают за рубежом. В США фирма "Серез Корпорейшен" (Вальтхэм, шт. Массачусетс) синтезирует материал "диамонеск", очень похожий по своим свойствам на фианит, в Швейцарии фирма "Гранд" Лдевахирджан "СА" (Монтей, Валанс) производит "джевалит", а в Австрии фирма "Д. Сваровски энд К^о" (Ваттенс, Тироль) выпускает "цирконий* по советской лицензии".

Цены на эти материалы — 10 долл. за 1 кар.

Синтетический алмаз

Синтезом алмазов занимались многие ученые. Ведущая роль принадлежит советскому физiku О.И. Лейпунскому, который в 1938 г. провел теоретический анализ условий образования алмаза из графита и определил области стабильного существования алмаза. В результате им была изучена диаграмма состояния алмаз — графит, которая явилась основой для научного решения проблемы создания синтетических алмазов.

В феврале 1953 г. группе физиков шведской энергетической компании ASEA при проведении очередного опыта по синтезу алмаза из графита при давлении $80 \cdot 10^8$ МПа и температуре 2500 °С с выдержкой во времени 2 мин удалось получить первые в мире искусственные алмазы. В декабре 1954 г. ученые фирмы "Дженерал Электрик К^о" создали искусственные алмазы размером около 0,8 мм. Впоследствии ими была разработана камера типа "белт".

После этого синтез алмазов был организован в ряде стран — Бельгии, Англии, Японии и др. В СССР в 1960 г. Институтом физики высоких давлений АН СССР под руководством акад. Л.Ф. Верещагина был разработан способ получения синтетических алмазов, который был передан для промышленного освоения Институту сверхтвердых материалов АН УССР. В 1961 г. была отработана промышленная технология синтеза алмазов. Процесс осуществляется при температуре 1800–2500 °С и давлении более $50 \cdot 10^2$ МПа в присутствии катализаторов — хрома, никеля, железа, марганца, платины, кобальта или других металлов. Впоследствии было установлено, что алмазы образуются при кристаллизации углерода из его

* Так называют фианит в Австрии.

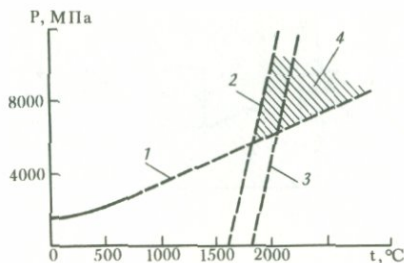


Рис. 66. Диаграмма процесса синтеза алмазов с катализатором из никеля:

1 — кривая равновесия алмаз — графит;
2 — кривая плавления никель — углерод;
3 — кривая плавления никеля; 4 — область кристаллизации алмаза

том) сжимается, при этом в камере развивается давление выше 50×10^2 МПа. В результате происходит перекристаллизация гексагональной кристаллической решетки графита в кубическую структуру алмаза. Размер кристаллов алмаза зависит от времени синтеза, так как при времени реакции 3 мин образуются кристаллы массой около 10 мг, а 30 мин — 70 мг. Наиболее прочны кристаллы размером до 0,5–0,8 мм, более крупные имеют невысокие физико-механические свойства. Кроме описанного метода разработан еще ряд способов выращивания алмазов.

В 1963 г. В.Ж. Эверсом (США) был запатентован способ выращивания алмазов из газовой фазы (из метана, ацетилена или других углеводородов) при давлении ниже $10 \cdot 10^2$ МПа. Суть метода — создание перенасыщенной углеродом газовой фазы, образующаяся при этом избыточная поверхностная энергия на границе графит — воздух способствует формированию зародышей алмазов. Подобный метод был разработан в СССР Б.В. Дерягиным и Д.В. Федосеевым. При давлении ниже атмосферного им удалось получить на затравках из алмаза нитевидные кристаллы синтетического алмаза из газовой фазы. Скорость роста кристаллов очень низкая — около 0,1 мкм/ч.

В 1961 г. в США фирмой "Эллайд Хемикал и Дю Пон" был предложен взрывной метод получения синтетических алмазов. При направленном взрыве происходит мгновенное повышение давления до $200 \cdot 10^2$ МПа и температуры до 2000°C , при этом в графите образуются мелкие (до 10–30 мкм) синтетические алмазы. В СССР в Институте сверхтвердых материалов АН УССР была отработана подобная технология получения искусственных алмазов, получивших название АВ.

В США фирмой "Дженерал Электрик К°" в 1970 г. был разработан метод получения крупных синтетических кристаллов алмазов ювелирного качества на затравках в виде пластин. Однако стоимость выращивания таких алмазов гораздо выше, чем добыча природных.

В настоящее время мировое производство синтетических алмазов (без СССР) составляет более 200 млн. кар/год. Главные центры производства

раствора в расплаве металла-катализатора. В настоящее время составлены диаграммы образования алмаза из графита с различными катализаторами. На рис. 66 приведена диаграмма системы алмаз — графит — никель.

Синтез алмаза проводится в камере типа "чечевица" объемом несколько кубических сантиметров (рис. 67). Нагревание осуществляется индукционным методом или прямым пропусканием электрического тока. При сближении пуансонов реакционная смесь графита с никелем (а также со слоистым пиррофиллитом)

синтетических алмазов — США ("Дженерал Электрик К°"), ЮАР ("Де Бирс"), Англия, Япония.

В СССР промышленностью выпускаются синтетические алмазы следующих видов: АСО — алмазы обычной прочности, АСР — алмазы повышенной прочности, АСВ — алмазы высокой прочности, АСК и АСС — алмазы монокристаллические.

Размер алмазов АСО, АСР и АСВ 0,04—0,63 мм. Кроме того, выпускаются две марки микропорошков — АСМ и АСН с размером зерен 1—60 мкм. Монокристаллические синтетические алмазы АСК и АСС имеют размер зерен до 1 мм.

Эксплуатационные свойства шлифовальных порошков из синтетических алмазов зависят от формы зерен, характера их поверхности и механической прочности. Наиболее развитая поверхность характерна для алмазов АСО, а наименее развитая — для алмазов АСС. Прочность алмазов возрастает от АСО → АСР → АСВ → АСК → АСС. Механическая прочность алмазов АСС приближается к прочности природных алмазов.

Синтетические алмазы широко применяются для производства алмазно-абразивного инструмента, брусков, кругов шлифовальных и отрезных, паст для шлифования, стеклорезов, резцов, буровых коронок, долот и т.д. В настоящее время более 80 % потребности в технических алмазах покрывается за счет синтетических.

Кроме перечисленных марок синтетических алмазов в СССР выпускаются поликристаллические алмазы типа карбонадо, балласы, СВС, используемые в технике, а также ряд синтетических сверхтвердых материалов, приближающихся по своим физическим свойствам к природным алмазам — эльбор (или кубонит), гексанит и др. "Блестящее будущее рисуется нам для алмаза, когда человек сумеет овладеть тайной искусственного его получения. Алмаз до сих пор упорно хранит эту тайну, и то немного, чего добилась наука, еще далеко от разрешения проблемы в целом..." — так писал А.Е. Ферсман в 1945 г., а уже через несколько лет синтетические алмазы заняли ведущее положение в технике [37, стр. 208].

Около 200 лет пытаются создать синтетические алмазы. Десятки лабораторий в различных странах продолжают поиски более рациональной и эффективной методики выращивания алмазов как для технических нужд, так и для ювелирных целей. Нерешенных проблем в этой области очень много, однако каждый день приближает нас к цели и не исключено, что в скором времени будут найдены экономичные способы получения синтетических алмазов любой формы, размера, цвета и качества. Природные драгоценные камни в десятки, а иногда и в сотни раз стоят дороже своих синтетических аналогов, несмотря на то что синтетические камни по качеству и цвету часто значительно превосходят природные. Г. Банк пишет: "Тем не менее и синтетические камни принадлежат к миру драгоценных камней."

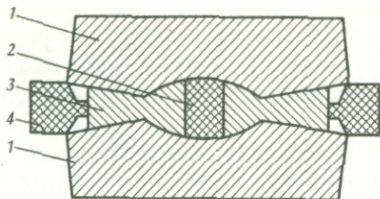


Рис. 67. Схема камеры типа "чечевица":

1 — пуансоны; 2 — реакционная смесь графита с никелем; 3 — пиррофилитовая прокладка; 4 — муфта

Каждому дано решить для себя, как он представляет себе свой мир драгоценных камней: намерен ли он удовлетвориться хорошей копией или же по-прежнему ценит лишь оригинал!"

Как отличить природные ювелирные камни от их синтетических аналогов

Все синтетические материалы, применяемые в ювелирных целях, можно разделить на две группы: первую — синтетические камни — аналоги природных ювелирных камней и вторую — новые синтетические материалы, не имеющие аналогов среди природных камней и имитирующие ювелирные камни иного состава. Идентификация камней второй группы основывается на применении методов диагностики, описанных выше с учетом их свойств (см. табл. 19). Идентификация камней первой группы более сложна, так как состав и структура природных и синтетических камней этой группы идентичны. В настоящее время получены и имеются на мировом рынке синтетические корунды, шпинель, изумруд, кварц (в том числе аметист и цитрин), бирюза, в меньшем количестве александрит, опалы, кораллы и др.

В связи с получением синтетических аналогов ряда природных ювелирных камней остро встал вопрос о методах их отличия. Остановимся на некоторых, наиболее распространенных камнях.

Рубин и сапфир. Получаемые по методу Вернейля, рубин и сапфир в настоящее время наиболее широко применяемые в ювелирных изделиях камни. Стоимость синтетических корундов ниже природных в десятки и даже сотни раз.

Основные физические свойства синтетических корундов весьма близки к природным (коллектив авторов под руководством М.М. Классен-Неклюдовой и Х.С. Багдасарова, 1974 г.). Плотность синтетических корундов $3,992 \text{ г/см}^3$. Примесь хрома повышает плотность до $4,013 \text{ г/см}^3$, а титана, кальция и ряда других элементов — понижает. Показатели преломления: $n_o = 1,7681\text{--}1,7635$, у высокохромистого рубина — до $1,7681\text{--}1,7801$, $n_e = 1,7599\text{--}1,7631$. Двупреломление $n_o - n_e = 0,0082$. Иногда в синтетических корундах появляется аномальная двуосность, связанная с остаточными внутренними напряжениями.

В спектрах поглощения синтетических фиолетовых, синих и зеленых сапфиров в отличие от природных отсутствуют некоторые полосы поглощения (454, 467, 473 нм). Это можно обнаружить даже у ограненных камней при довольно несложном исследовании на спектрофотометре СФ-18, оснащенном приспособлением для записи спектров поглощения ограненных камней (Б.Г. Гранадчикова, 1975 г.).

Отличительный признак синтетических рубинов, полученных при гидротермальном синтезе, — наличие в ИК-спектрах серии полос поглощения в интервале $3000\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$, вызванных гидроксильными группами (И.Г. Ганеев, Б.К. Казуров, Э.Н. Караульник, 1969 г.).

Особенно важно для распознавания синтетических и природных рубинов и сапфиров (в частности, ограненных) наличие включений, трещин, каналов, характер распределения окраски, двойникование, выявляемых при рассмотрении камня под сильной лупой ($10\times$) или при микроскопических исследованиях. Для этой цели применяются стереомикроскопы (МБС, "Джемолайт" и др.), с мощным освещением — отраженным и проходящим светом. Для большей четкости изображения используется вода, спирт или иммерсионные жидкости (монобромнафтаден, иодистый метилен и др.). Исследуемый камень опускают в жидкость, налитую в стакан. Чтобы уменьшить испарение жидкости, стакан накрывают стеклом. Так как показатели преломления иммерсионной среды и калия близки, то последний становится полностью прозрачным, что позволяет хорошо рассмотреть его внутреннее строение.

Установлено (Е. Гюбелин, 1958, 1969, 1974 гг.), что в природных рубинах (в частности, в кристаллах из Бирмы и Шри-Ланки) наблюдаются включения рутила, отдельные кристаллики, коленчатые двойники или микроскопические параллельные тонкие иголки которого образуют так называемый "шелк", а расположенные под углом 60° и 120° — "сетку". Рубины Бирмы, по данным Е. Гюбелина, очень богаты включениями, содержат также октаэдрические кристаллы шпинели, короткопризматические кристаллы апатита, оливин, кальцит, желтый сфалерит, сфен, мусковит. В рубинах Шри-Ланки можно увидеть включения правильных кристалликов циркона, часто окруженных "плеохроичными двориками", гранатов, пирита, пирротина, гематита, апатита, кальцита. В рубинах Таиланда рутил встречается довольно редко. Для них характерны альмандин, апатит, пирротин, для рубинов Танзании — апатит, графит, пирротин, паргасит, шпинель, цоизит.

Иногда в природных рубинах наблюдаются жидкие и газожидкие включения, которые заполняют трубообразные каналы и трещины. Особенно распространены газожидкие включения, расположенные по трещинам разнообразной формы и образующие замысловатые узоры; в рубинах Таиланда трещины и каналы могут быть также декорированы бурыми включениями окислов и гидроокислов железа.

Еще одна отличительная особенность природных рубинов (в частности, Бирмы) — неравномерное пятнистое распределение окраски. В звездчатых рубинах проявляется гексагональная зональность окраски. В ряде рубинов отмечается тонкая трещиноватость в виде параллельных полос, связанная с двойникованием.

В природных сапфирах, как и рубинах, наиболее частое твердое включение — рутил. Вместе с тем в сапфирах Бирмы отмечаются апатит, циркон, монацит, флогопит, фергусонит; Шри-Ланки — гранат, шпинель, слюды, пирит, халькопирит, циркон, окруженный "плеохроичными двориками"; Таиланда — плагиоклаз, колумбит, пирротин, халькопирит; Танзании — циркон, апатит, графит, пирротин; Кашмира — роговая обманка, турмалин; Кампучии — красный гатчетолит, торит, полевой шпат (Е. Гюбелин, 1974 г.).

Очень характерная особенность природных сапфиров — обилие газожидких включений, образующих причудливые узоры, напоминающие со-

ты, сетки, отпечатки пальцев, и расположенных по веерообразным, кулисообразным и неправильным трещинам. Иногда жидкие включения заполняют трубообразные каналы. В трещинах и каналах могут находиться бурые окислы и гидроокислы железа.

Важный диагностический признак природных сапфиров — зональное и зонально-секториальное распределение окраски в виде чередующихся четких параллельных полос с различной интенсивностью окраски, расположенных по одной прямой, под углом 120° или по сторонам правильного гексагона.

Как и в рубинах, в природных сапфирах может наблюдаться двойникование. Очень характерны для природных и синтетических корундов так называемые "огненные знаки" — мелкие механические трещины около ребер или в периферийных частях фасет ограненных камней, возникающие при обработке.

Синтетические корунды, в том числе рубины и сапфиры, обладают рядом общих внутренних особенностей (речь идет прежде всего о корундах, выращенных по методу М.А. Вернейля). Наиболее характерны для них газовые включения различного размера и формы (округлой, овальной, удлиненной, веретенообразной), одиночные и образующие скопления в виде пятен, полос, облаков. Такие пузырьки газа кажутся темными в проходящем свете, в отраженном же свете они имеют вид ярких концентрически-зональных колец.

Твердые включения в синтетических корундах могут быть представлены "непроплавами" — непрореагировавшими частичками продуктов синтеза, пылью металлов, вводимых в корунд как легирующие присадки или случайно попадающих из тиглей и нагревателей. В звездчатых синтетических корундах наблюдаются ориентированные включения рутила.

Хороший диагностический признак синтетических корундов — криволинейное распределение окраски, связанное с получением их по методу Вернейля в виде цилиндрических буль. Кривизна полос с различной интенсивностью окраски может быть различной, и в мелких камнях она мало заметна.

Иногда в синтетических корундах наблюдаются свили — текстуры в виде потоков, обусловленные оптической неоднородностью камня.

Диагностика по внутренним особенностям корундов, синтезированных гидротермальным методом, более сложна в связи с тем, что в них могут отмечаться включения и текстуры, характерные для природных камней. Однако внимательное изучение включений, формы и характер заполнения трещин, наличие "затравок" и другие признаки позволяют решить этот вопрос.

Определить синтетические корунды, имитирующие алмазы, alexandritы, изумруды, аквамарины, топазы и др., нетрудно, так как их основные физические свойства отличаются от природных корундов. Среди рекомендуемых методов диагностики в ряде случаев имеет значение определение цвета люминесценции (см. табл. 19). Например, alexandritоподобный синтетический корунд в отличие от натурального alexandrita в ультрафиолетовых лучах светится оранжево-коричневым цветом.

Шпинель. Синтетическая шпинель может быть самой различной окрас-

ки, и поэтому она имитирует не только природную шпинель, но и алмаз, сапфиры, рубин, изумруд, аквамарин, гранаты, турмалин, циркон, топаз, лунный камень и др. Свойства природной и синтетической шпинели близки, но все же имеются и некоторые различия. Так, синтетическая шпинель в отличие от природной характеризуется совершенной спайностью по кубу. В поляризованном свете при скрещенных николях у синтетической шпинели наблюдаются аномальное двупреломление, проявляющееся "муаровым" угасанием, а также узоры в виде тонких волосовидных полос, сеток или размытого черного креста.

Под микроскопом также видна неоднозначность природной и синтетической шпинели. Для природной шпинели характерны включения октаэдрических кристаллов шпинели, доломит, игольчатый сфен, альбит, апатит (Е. Гюбелин, 1953, 1969, 1974 гг.). Синтетическая шпинель, выращенная по методу Вернейля, как правило, не содержит каких-либо включений. Только изредка в ней наблюдаются овально вытянутые мелкие газовые пузырьки. Криволинейная зональность окраски для синтетической шпинели менее характерна, чем для вернейлевских корундов.

Изумруд. Умение отличить природный изумруд от синтетического имеет принципиальное значение. Дело не только в стоимости (за рубежом природный кристалл стоит в среднем в 2–3 раза больше синтетического, в нашей стране — изумруды одного цвета и качества стоят одинаково).

Изумруд выращивают двумя основными методами: раствор-расплавным и гидротермальным. Существуют различные варианты этих методов. Соответственно возможно и получение различных свойств. Плотность синтетических изумрудов, выращенных раствор-расплавным методом, $2,64\text{--}2,67\text{ г/см}^3$, выращенных гидротермальным, — $2,67\text{--}2,69\text{ г/см}^3$, что в целом несколько ниже плотности природных изумрудов.

Спектры поглощения синтетических изумрудов отличаются от природных наличием двух полос поглощения с максимумами 420, 425 или 430–440 нм (в двух положениях N_g и N_p). В ИК-спектрах поглощения в синтетических изумрудах, полученных раствор-расплавным методом, отсутствует широкая полоса поглощения в интервале $3000\text{--}4000\text{ см}^{-1}$, что объясняется присутствием воды, а также отсутствует характерная для природных и гидротермальных синтетических изумрудов (К. Нассау, 1976 г.) линия поглощения при $2400\text{--}2500\text{ см}^{-1}$, обусловленная двуокисью углерода.

Синтетические изумруды часто люминесцируют в ультрафиолетовых лучах глубоким постепенно усиливающимся красным цветом, нетипичным для природных. Однако в последние годы стали выращивать изумруды (П. Жильсон) с добавками железа, гасящими красную люминесценцию. Под фильтром Челси синтетические изумруды в отличие от природных становятся ярко-красными.

Ряд отличий можно установить, исследуя камень под микроскопом. Природные изумруды часто имеют кулисо- и веерообразные или неправильной формы трещины с газово-жидкими включениями, что создает узор, называемый ювелирами "садом". Газово-жидкие и твердые включения гидроокислов и окислов железа бурого цвета могут заполнять каналы, ориентированные параллельно оси шестого порядка. В изумрудах так-

же встречаются включения актинолита, тремолита, флогопита (в уральских и индийских), углистые непрозрачные включения, кальцит, доломит, альбит, кварц, паризит, пирит, трехфазные включения (в колумбийских) биотит, молибденит (в южноафриканских, Трансвааль), тремолит, биотит, эпидот, турмалин, рутил, апатит (в Австрийских). В природных изумрудах наблюдается прямолинейная зональная или зонально-секториальная окраска.

В синтетических изумрудах иногда наблюдаются зеркальные веерообразные или неправильной формы трещины, возникающие при обработке камня. В синтетических изумрудах, полученных раствор-расплавным методом, отмечаются газовые пузырьки, непроплавленные частички шихты, фенакит, ильменит и др. Иногда в таких изумрудах наблюдается тонкая зональность окраски, отличающаяся от природной.

В синтетических изумрудах, выращенных гидротермальным методом, иногда встречаются газовой-жидкие включения, металлическая пыль, участки затравки.

Бирюза. Идентификация бирюзы представляет особую сложность. Синтетическая бирюза, полученная Жильсоном, имеет плотность $2,68-2,75 \text{ г/см}^3$, показатель преломления 1,61. Р. Вебстер установил, что под микроскопом в этой бирюзе видны темно-синие угловатые или сферические, сплюсненно-овальные частицы, как бы погруженные в более светлый субстрат, твердость которого, вероятно, более низкая. Капля разбавленной соляной кислоты впитывается природной бирюзой и скатывается с синтетической. Спектры отражения синтетической бирюзы в интервале $450-1300 \text{ см}^{-1}$ отличаются от спектров природной, для нее характерны максимумы поглощения 1115, 1050, 1000 и 570 см^{-1} с более сглаженными с широкими пиками.

Советская синтетическая бирюза, по данным В.С. Балицкого и Е.Е. Лисициной [3], полностью соответствует природной (по термическим свойствам, микротвердости), однако плотность ее $2,3-2,4 \text{ г/см}^3$, т.е. пониженная по сравнению с природной.

Имитация драгоценных камней из стекла

Стекло — наиболее дешевый и распространенный заменитель драгоценных камней. В конце XVIII в. Штрасс предложил рецепт особого свинцового стекла, удачно заменяющего драгоценные камни: 38,2 % кремнезема, окиси свинца 53,0 % и поташа 8,8 %. Кроме этого в смесь добавляли буру, глицерин и мышьяковистую кислоту. Этот сплав назван стразом. Для него характерна высокая дисперсия, он хорошо поддается огранке. Такое стекло использовалось для имитации бриллиантов. Позже научились изготавливать цветные стразы. Для получения рубинового цвета в стеклянную массу добавляли 0,1 % кассиевого порфира, сапфирового — 2,5 % окиси кобальта, изумрудного — 0,8 % окиси меди и 0,02 % окиси хрома. Были разработаны рецепты для получения имитаций гранатов, аметистов, шпинели

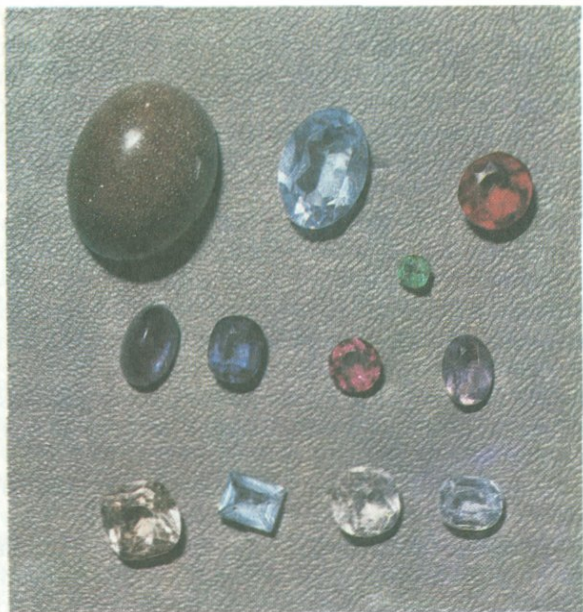


Рис. 68. Образцы стекол, имитирующих ювелирные камни

и др. (рис. 68). Применяющиеся в качестве имитации стекла могут быть различной прозрачности (прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие в тонких сколах, непрозрачные) и окраски. Физические свойства их зависят от состава, в основном от содержания свинца. Показатели преломления прозрачных стекол 1,44–1,77; твердость 5–7 по шкале Мооса; плотность 2–4,5 г/см³.

Стекла изотропны, но со временем у них может появиться оптическая анизотропия. Дисперсия 0,010, в стеклах с большим содержанием свинца может быть выше.

Стекла можно отличить по присутствию газовых пузырьков различной формы, иногда свилей, сгустков красителей. Кроме чисто стеклянных имитаций применяют сдвоенные (дублеты) и строенные (триплеты) камни, склеенные из стекла и натурального камня, из слабо- и густоокрашенных камней, из природного и синтетического камня. Такие подделки прекрасно видны под лупой или микроскопом: на поверхности склеивания наблюдаются пузырьки, расположенные в одной плоскости.

Стекла (и пластические массы) применяют для имитации полупрозрачных и непрозрачных камней: бирюзы, хризопраза, сердолика и др. Плотность и твердость их невысоки.

Авантюриновое стекло от авантюрина отличается физическими свойствами, а также наличием правильной трех- или шестиугольной формой включений медной стружки.

В настоящее время стекла, имитирующие драгоценные камни, широко используются в ювелирных изделиях.

Итак, химический состав и физические свойства синтетических и соответствующих им природных камней одинаковы. Однако синтетические камни — это продукт труда человека, и изготовить их можно сколько угодно.

Природные камни — творения природы, число их ограничено, обнаружить и добыть — трудно. Именно поэтому драгоценный камень в десятки, а иногда и в сотни раз дороже своих синтетических аналогов, несмотря на то, что синтетические камни по качеству и цветовым характеристикам часто значительно превосходят природные камни.

Ювелирные камни — прекрасное творение природы и человека. Природа не поскупилась, создав глубокое спокойствие сочно-зеленых изумрудов, умиротворенность синих сапфиров, пылкость красных рубинов, сказочную или страстную изменчивость белых и черных опалов, нежность розовых и голубых топазов, безбрежное море цветов, оттенков, рисунков. Человек, вдохнув в них свою душу, бережно, с любовью обработав их, придал им завершенность, законченность, превратил их в настоящие произведения искусства, призванные нести людям радость, наслаждение, вдохновение, а не горе и слезы, не быть предметом наживы и обогащения, а свидетельством богатства и огромной духовной мощи народа.

1. Андреев В.Н. Огранка самоцветов. М., Росгазместпром, 1957. 172 с.
2. Балицкий В.С. Экспериментальное изучение процессов хрусталеобразования. М., Недра, 1978. 144 с.
3. Балицкий В.С., Лисицына Е.Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., Недра, 1981. 158 с.
4. Банк Г.В. В мире самоцветов. М., Мир, 1979. 160 с.
5. Барсанов Г.П., Яковлева М.Е. Минералогия яшм СССР. М., Наука, 1978. 112 с.
6. Власов К.А.; Кутукова Е.И. Изумрудные копи. М., Изд-во АН СССР, 1960. 220 с.
7. Жабин А.Г. Жизнь минералов. М., Сов. Россия, 1976. 220 с.
8. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы, их синтез и генезис в природе. Новосибирск, Наука, 1980. 65 с.
9. Забелин И.Е. Домашний быт русских царей в XVI и XVII вв. М., 1872.
10. Забелин И.Е. История города Москвы. М., 1902.
11. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.Н. Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1974. 328 с.
12. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н. Геология месторождений поделочных камней. М., Недра, 1976. 250 с.
13. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Минералогия и генезис камерных пегматитов Вольги, Львов, "Вища школа", 1973. 359 с.
14. Кузьмин В.И., Добровольская Н.В., Солнцева Л.С. Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. М., Недра, 1979. 269 с.
15. Матюшин Г.Н. Яшмовый пояс Урала. М., Искусство, 1977. 176 с.
16. Марфунин А.С. Полевые шпаты. Фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распространение / Тр. ИГЕМ АН СССР, 1962. 272 с.
17. Менчинская Т.И. Бирюза в Советском Союзе. — В кн.: Драгоценные цветные камни как полезные ископаемые. М., 1973, с. 36—56.
18. Методические указания по поискам и разведке, перспективной оценке месторождений цветных камней. Вып. 1. Аметист. 1974. 45 с.; вып. 3. Нефрит. 1974. 47 с.; вып. 4. Лазурит. 1974. 49 с.; вып. 5. Родонит. 1975. 51 с.; вып. 6. Жадеит. 1975. с. 7; вып. 7. Берилл и топаз. 1975. с. 48; вып. 8. Хризопраз. 1975. с. 49; вып. 9. Хризолит. 1976. 43 с.; вып. 11. Агат. 1976. 55 с.; вып. 16. Малахит. 1977. 47 с.; вып. 17. Гранат. 1977. 49 с.; вып. 18. Иризирующие полевые шпаты. 1978. 51 с.; вып. 19. Амазонит. 1978. 45 с.; вып. 21. Группа горного хрусталя. 1979. 63 с.; вып. 22. Благородный опал. 1979. 45 с.; вып. 23. Яшмы и роговики. 1978. 49 с.; вып. 24. Янтарь. 1979. 47 с. М., Мин. геол. СССР.
19. Минералогия гидротермальных месторождений бериллия / Под ред. А.И. Гинзбурга. М., Недра, 1976. 246 с.
20. Минералы Узбекистана. Т. 2. Ташкент, ФАН УзССР. 1975. 335 с.
21. Минералогия и кристаллофизика ювелирных разновидностей кремнезема / В.Г. Балакирев, Е.Я. Киевленко, Л.В. Никольская и др. М., Недра, 1979. 150 с.
22. Неверов О.В. Античные инталии в собрании Эрмитажа. Л., Аврора, 1976. 156 с.
23. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. М., Наука, 1974. 224 с.
24. Платонов А.Н. Природа окраски минералов. Киев, Наукова думка, 1976. 264 с.
25. Плиний Секунд Старший. Естественная история ископаемых тел. Спб., 1812. 230 с.
26. Пыляев М.И. Драгоценные камни и их свойства. Спб., 1896. 335 с.
27. Савкевич С.С. Янтарь. Л., Недра, 1970. 260 с.

28. Семененко Ю.В., Агафонова Т.Н., Солоненко И.С., Львова Т.В., Назаренко В.В. Цветные камни Украины. Киев, Будівельник, 1974.
29. Сребродольский Б.И. Янтарь. М., Недра, 1974.
30. Смит Г. Драгоценные камни. М., Мир, 1980. 586 с.
31. Соболевский В.И. Замечательные минералы. М., Просвещение, 1972. 230 с.
32. Сокровища Алмазного фонда СССР / Н.Я. Баулин, В.И. Долов, В.А. Уваров и др. М., Изобразительное искусство, 1975. 168 с.
33. Супрычев В.А. Крымские самоцветы. Симферополь, Таврия, 1973. 70 с.
34. Трофимов В.С. Янтарь. М., Недра, 1974. 81 с.
35. Фекличев В.Г. Берилл. М., Наука, 1964. 150 с.
36. Ферсман А.Е. Из истории культуры камня в России. М., Изд-во АН СССР, 1946.
37. Ферсман А.Е. Рассказы о самоцветах. Л., Лениздат, 1954. 227 с.
38. Ферсман А.Е. Очерки по истории камня. М., Изд-во АН СССР. 1954. 370 с.
39. Ферсман А.Е. Драгоценные и цветные камни СССР. Избр. тр., т. 7. М., Изд-во АН СССР. 1962. с. 9–531.
40. Ферсман А.Е. Цвета минералов. Избр. тр., т. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 535–586.
41. Ферсман А.Е. Очерки по минералогии и геохимии. М., Наука, 1977. 132 с.
42. Чеботарева С.В. Древние государственные регалии. М., Искусство, 1979. 30 с.
43. Aram J.E. Color encyclopedia of Gemstones. New-York, Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
44. Anderson B.W. Gem Testing. 8th Ed. – Butterworths. London, 1970, 384 p.
45. Bauer M. Edelsteinkunde. Leipzig, 1896. 420 p.
46. Bruton E.D. Diamonds. Philadelphia, Chilton Book Co., 1970, 395 p.
47. Darragh P.I. Volcanic Gem Opals. – The Australian Gemmologist, 1969, N 11, p. 5–8.
48. Schlossmacher K. Edelsteine und Perlen. Stuttgart, 1969. 387 p.
49. Schuman W. Gemstones of the World. London, 1977. 256 p.
50. Webster R. Gems. London, 1975. 932 p.

Предисловие	3	Топаз	121
ГЛАВА I.		Турмалин	130
Ювелирные камни в прошлом и настоящем		Полевые шпаты	134
История применения ювелирных камней	5	Циркон	137
Развитие минералогии как науки	5	Хризолит	140
	24	Бирюза	142
		Сподумен	146
		Диопсид. Хромдиопсид	149
		Кварц	151
ГЛАВА II.		Горный хрусталь	155
Классификация ювелирных камней	30	Аметист	155
		Дымчатый кварц	157
ГЛАВА III.		Цитрин	158
Методы диагностики ювелирных камней	37	Празиолит	159
		Розовый кварц	159
		Авантюрин	159
ГЛАВА IV.		Празем	160
Методы и техника обработки камней	49	Кошачий глаз. Тигровый глаз.	160
		Соколиный глаз	162
		Халцедон	162
ГЛАВА V.		Яшма	169
Природные ювелирные камни	62	Лазурит	174
		Жадеит	176
Алмаз	62	Нефрит	179
Свойства алмазов	62	Малахит	181
Добыча алмазов	73	Чароит	184
Применение алмазов	76	Родонит	185
Корунды (рубины и сапфиры)	80	Фенакит	188
Берилл	85	Эвклаз	189
Изумруд	89	Кианит	190
Аквамарин	95	Клиногумит	192
Розовые и красные бериллы	98	Цоизит, эпидот	192
Желтые и золотистые бериллы	100	Бенитоит	193
Звездчатые бериллы	100	Кордиерит	194
Бесцветные бериллы	102	Скаполит	195
Хризоберилл	102	Родохрозит	196
Опал	105	Апатит	196
Гранаты	108	Бразилианит	198
Пироп	110	Гердерит	198
Альмандин	113	Еремеевит	199
Спессартин	114	Гематит	199
Уваровит	114	Янтарь	200
Гроссуляр	115	Жемчуг	205
Андрадит	116	Кораллы	210
Шпинель	118	Гагат	211

ГЛАВА VI.		Титанат стронция (фабулит)	223
Синтетические ювелирные камни	213	Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ)	223
		Ниобат лития	224
		Фианит	224
Основные методы выращивания син-		Синтетический алмаз	226
тетических камней	214	Как отличить природные ювелирные	
Синтетические корунды	218	камни от их синтетических аналогов	229
Синтетическая шпинель	219	Имитации драгоценных камней	
Синтетический берилл (изумруд)	220	из стекла	233
Синтетический кварц	221		
Синтетический рутил	223	Список литературы	236

**Никита Иванович Корнилов,
Юлия Петровна Солодова**

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Редактор издательства Л.Г. Рожкова
Оформление художника В.М. Аладьева
Обложка художника В.М. Аладьева
Художественный редактор Е.Л. Юрковская
Технический редактор Л.Г. Лаврентьева
Корректоры Т.М. Столярова, М.П. Курылева
Оператор И.А. Новикова

ИБ № 3751

Подписано в печать 12.04.82. Т-06593. Формат
60×90^{1/16}. Бумага офсетная № 1. Набор выполнен
на наборно-пишущей машине типа ИБМ "Композер".
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,0. Усл. кр.-отт. 54,5.
Уч.-изд. л. 16,70. Тираж 60 000 экз. Заказ
1097/8002-4. Цена 1 р. 40 к.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра",
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский
полиграфический комбинат Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам из-
дательств, полиграфии и книжной торговли. г. Ка-
линин, пр. Ленина, 5.

1 р. 40 к.

3810

НЕДРА

