

Н. И. КОРНИЛОВ
Ю. П. СОЛОДОВА

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ



**Н. И. КОРНИЛОВ
Ю. П. СОЛОДОВА**

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

*Издание второе,
переработанное
и дополненное*



МОСКВА „НЕДРА” 1987

Корнилов Н. И., Солодова Ю. П. Ювелирные камни.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: Недра, 1987.— 282 с., ил.

Описаны наиболее известные ювелирные камни: алмаз, рубин, сапфир, изумруд, аквамарин, воробьевит, хризоберилл, аметист, цитрин, горный хрусталь, хризопраз, агат, благородный опал, бирюза, жадеит, нефрит, лазурит, малахит, хромдиопсид, хризолит, турмалин и др.; органические ювелирные камни — жемчуг, янтарь, коралл, гагат. Для каждого камня приведены минералогическое описание, состав, свойства, история открытия месторождений и их типы. Даны сведения о синтетических аналогах природных камней. Второе издание (1-е изд.— 1982 г.) дополнено описанием новых нетрадиционных ювелирных камней. Описаны методы диагностики ювелирных камней и их синтетических аналогов.

Для геммологов, минералогов, геологов, любителей камня.

Табл. 13, ил. 59, список лит.— 50 назв.

Рецензент: *В. П. Петров*, д-р геол.-минер. наук (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР)

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время ювелирными камнями принято называть любые камни, используемые в качестве украшений. Советский Союз — страна, очень богатая ювелирными камнями. В ее недрах встречаются алмаз, берилл, изумруд, александрит, топаз, хризолит, циркон, различные гранаты, турмалины, аметист, цитрин, горный хрусталь, сердолик, хризопраз, агаты, авантюрин, амазонит, лабрадор, малахит, лазурит, родонит, нефрит, чароит и многие другие камни.

Камень всегда интересовал человека. Вначале его привлекала только окраска, совершенные формы кристаллов и их блеск. Позже начали использовать физические свойства камня, например его твердость и прочность. В более поздние времена их стали ценить за редкость и долговечность. В результате были выделены три основных положения, позволяющие относить некоторые природные камни-минералы к драгоценным: красота, долговечность и редкость.

С развитием горно-добывающей промышленности число камней, применяемых в ювелирных изделиях, резко возросло. Сейчас можно назвать около 200 их видов и разновидностей. Одни из них — алмаз, рубин, сапфир, изумруд, аквамарин, александрит, опал, гранаты, шпинель, топаз, турмалин, бирюза, аметист, лазурит, малахит, нефрит, жадеит — издавна широко применяются, другие — танзанит, тзаворит, чароит, бразилианит, бенитоит и т. д. — открыты и стали использоваться в качестве ювелирных сравнительно недавно. В последнее время внимание ювелиров привлекли некоторые разновидности минералов, не являющиеся в строгом смысле ювелирными, но обладающие красивой окраской, астеризмом или эффектом кошачьего глаза. К ним относятся скаполит, титанит, апатит, андалузит и многие другие. Ювелирными являются и некоторые камни органического происхождения — жемчуг, янтарь, кораллы, гагат, кости, рога и бивни ряда животных.

В современную эпоху люди научились моделировать многие природные процессы. В последние десятилетия не только искусственно выращено большинство наиболее

ценимых человеком ювелирных камней (алмаз, изумруд, рубин, сапфир, александрит, бирюза, малахит и др.), свойства которых практически полностью соответствуют свойствам их природных аналогов, но и создано много новых камней, не встречающихся в природе (фианит, ИАГ, ГГГ, фабулит и ряд других). Человек научился облагораживать многие ювелирные камни (улучшать их прозрачность, изменять окраску и т. д.).

На рубеже 19—20 вв. зародилась наука геммология, объектом исследования которой стали ювелирные и поделочные камни. Разнообразие ее задач определяется самим предметом исследования. Так как ювелирные камни представлены в основном минералами (в меньшей степени горными породами и органогенными образованиями) и синтетическими материалами, одна из главных задач геммологии — изучение физических свойств и минералогических особенностей и разработка на их основе методов диагностики, сертификации и отличия природных камней от синтетических и т. д. Ювелирные камни — это важное полезное ископаемое, следовательно, необходимо решать весь комплекс вопросов, связанных с изучением геологии месторождений, разработкой методов их поисков, разведки, оценки, а также добычи и обогащения сырья. Но созданные природой камни становятся по-настоящему драгоценными, ювелирными только после того, как они будут обработаны. Создание и совершенствование методов обработки камня, в основе которых лежит, с одной стороны, правильный научно-технический, а с другой — художественный подход, также являются задачами геммологии. Наконец, геммология связана с решением различных экономических вопросов: ювелирные камни представляют собой материальные ценности, а некоторые из них — валютное сырье. Все они служат объектом внутригосударственной и международной торговли.

Свидетельством большого интереса к геммологии в нашей стране явилось I Геммологическое совещание Московского отделения Всесоюзного минералогического общества и Института экспериментальной минералогии АН СССР, на котором присутствовали геммологи всей нашей страны. Подготовка специалистов-геммологов проводится в Московском ордена Трудового Красного Знамени геологоразведочном институте им. Серго Орджоникидзе.

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

В Министерстве геологии СССР образовано Всесоюзное производственное объединение «Союзкварцсамоцветы», на которое возложены функции поисков и изучения месторождений цветных камней, а также изготовления изделий и сувениров из них.

В последние годы уже после выхода в свет первого издания книги «Драгоценные камни» в нашей стране опубликовано большое число работ, посвященных различным вопросам геммологии, в том числе «Геология месторождений драгоценных камней» (Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич, А. П. Гаврилова), «Геология месторождений поделочных камней» (Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич), «Словарь камней-самоцветов» (Б. Ф. Куликов), «Рассказы о поделочном камне» (В. П. Петров), «Самоцветы СССР» (Я. П. Самсонов, А. П. Туринге), «Янтарь» и «Жемчуг» (Б. И. Сребродольский) и многие другие.

Во втором издании книги авторами были учтены новые данные по минералогии ювелирных камней, методам их синтеза и облагораживания, способам отличия и некоторым другим вопросам. Переработаны главы, посвященные методам диагностики, классификации и синтетическим ювелирным камням, дополнены разделы об алмазе, лазурите, скаполите, кораллах и др.

Авторы благодарят многочисленных читателей, приславших отзывы и ценные замечания по первому изданию книги.

Глава I. ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ

ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

С древнейших времен камень привлекал внимание человека. В самом начале своего развития первобытный человек среди окружающей его природы в трудной борьбе за существование был вынужден сначала искать орудия труда и защиты, а чуть позже и создавать их. Острый кусок твердого камня являлся незаменимым орудием для охоты и защиты от врагов. Первоначально самым лучшим материалом для этого был кремень, осколки которого имели очень острые и малоизнашиваемые края, о чем свидетельствуют раскопки стоянок первобытного человека времен нижнего палеолита (800—60 тыс. лет до н. э.).

В эпоху мезолита (ок. X—V тысячелетия до н. э.) человек для изготовления орудий стал использовать яшмы, горный хрусталь, агаты, обсидиан. В поселениях древнего человека, обнаруженных на Южном Урале, Северном Кавказе и в других местах, найдены изделия из яшмы, хрустала, кремня и обсидиана — ножи, топоры, скребки, наконечники для копий и стрел и т. п.

Во времена неолита (ок. VIII—III тысячелетия до н. э.) человек начинает систематическую добычу необходимого для жизни камня. Древние подземные разработки кремней найдены во Франции, Великобритании, Польше, Швеции, Италии (о. Сицилия) и в других странах. Глубина шахт достигала в отдельных случаях 20 м, а ширина — около 1 м. Для добычи камня человек применял огонь и воду, а также каменные мотыги и кирки. Наряду с минералами кремнезема стали использовать нефрит, жадеит, другие минералы и породы высокой твердости и вязкости, образующие при сколе острые, режущие кромки.

Техника обработки каменных орудий в неолите достигла очень высокого уровня. Изделия делали легкими и изящными, с гладкой полированной поверхностью. Для шлифования применялся влажный или сухой песок.

Вероятно, уже в те далекие времена существовали определенные пути, по которым распространяли каменные орудия. Так, изделия из нефрита обнаружены на стоянках первобытного человека многих стран, а ведь месторождения этого камня не столь распространены.

В эпоху неолита камень играл еще одну важную роль — он был предметом религиозного поклонения. Для защиты от непогоды, голода и болезней люди призывали на помощь сверхъестественные силы, а в качестве амулетов, предохраняющих от зла, использовали красивые камни или кристаллы определенной формы и цвета. Позже из цветных камней человек научился вытачивать идолов и фигурки богов. Культовая роль камня сохранилась до наших дней. Во многих странах по существующим традициям связывают драгоценные камни определенных наименований со знаками Зодиака, множество дорогих камней применяется для украшения церковной утвари — икон, книг, ритуальных предметов.

Постепенно у первобытного человека стало развиваться чувство красоты. На неолитических стоянках рядом с каменными орудиями находят украшения из цветной гальки, кристаллов различных минералов 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».

Не потерял своего значения цветной камень и на дальнейших этапах развития человеческой культуры. Индийский минералог Рао Бохадур утверждает, что при раскопках на территории Индии и Бирмы найдены предметы быта и оружие, относящиеся к раннему неолиту (ок. V тысячелетия до н. э.). Сделаны они из камней этой местности: халцедона, агата и нефрита. По его мнению, изумруды в Индии стали известны за 2000 лет до н. э., сапфиры и рубины Цейлона (Шри-Ланка) — 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 видов горного промысла. Известно, что бирюзу добывали на Синайском полуострове за 3400 лет до н. э. Художественные изделия с лазуритом, амазонитом, гранатом, изумрудом, амethystом находят в захоронениях Древнего Египта. В горах Африки за 2 тыс. лет до н. э. между Красным морем

и Нилом велась добыча изумрудов в копиях, позже названных именем Клеопатры.

В Каирском музее хранится статуэтка Нофрет с ожерельем из цветных камней, обнаруженная при раскопках захоронений в Древнем Египте (2700—2500 лет до н. э.). При раскопках гробницы царя шумеров Мескаламдуга, жившего в 2500 г. до н. э., были найдены бусы и подвесок из лазурита, а в усыпальнице царицы Древнего Шумера Шубад — гребни, украшенные каменными цветами из лазурита. При раскопках захоронений в Южном Междуречье (середина III тысячелетия до н. э.) обнаружены бронзовые изваяния женской головы и головы быка с глазами из цветных камней. В гробнице египетского фараона Тутанхамона обнаружено множество предметов, украшенных бирюзой и лазуритом. Священный жук-скарабей на нагрудной подвеске фараона вырезан из полудрагоценного зеленого камня. Из красивых твердых камней делали печати для различных документов. В Древнем Египте, Вавилонии и Ассирии первоначально печати имели цилиндрическую форму, позже стали вырезать плоские круглые печати. По свидетельству Геродота, каждый знатный вавилонянин носил перстень с печатью. На них изображали богов, эпизоды сражений, бытовые сцены, символы профессии человека. Особо знатные люди имели несколько печатей из яшмы, агата или лазурита и носили их как ожерелье.

Во времена крито-микенской культуры (ок. 2800—1100 лет до н. э.) были широко распространены резные перстни-печатки, цветными камнями стали украшать оружие и посуду. Наряду со знаками и буквами, на них стали наносить орнаменты и изображения животных. В одной из гробниц найден кубок, вырезанный из целого куса горного хрусталя.

В священных индийских книгах «Веды» (кон. II — нач. I тысячелетия до н. э.) упоминаются многие драгоценные камни. По преданиям, капли крови борющихся в небе богов, падая на песок священного Ганга, превращались 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; кшатрии — камни, окрашенные в красноватые тона; войшьё — кристаллы

зеленоватого цвета; шудры — серые кристаллы. В Древней Индии особо ценили камни красного цвета, на Среднем Востоке — синие, а в Древнем Египте — зеленые. Возможно, что это связано с наличием в этих странах месторождений драгоценных камней именно этих цветов.

Один из древних самоцветов — янтарь, который уже в III тысячелетии до н. э. применялся почти во всех странах для изготовления украшений или в виде амулетов. Плиний Старший писал, что в Скифии встречаются «золотистые горящие камни». Вероятно, добывались они по берегам рек и на побережье Балтийского моря. Древними торговыми путями янтарь попадал в Западную Европу, Индию и даже Китай. В VIII—X вв. в ряде стран янтарные пластины и изделия служили эквивалентом золотых и серебряных монет. Широкое развитие получили изделия из янтаря в Древней Греции. Происхождение его греки связывали с легендой, согласно которой Зевс могучей молнией разбил колесницу Фаэтона — сына бога солнца Гелиоса — несомую четверкой взбесившихся крылатых коней, после чего тот рухнул в волны реки Эридана. Сестры Фаэтона — Геллиады долго оплакивали его, и были обращены за это богами Олимпа в тополя, с которых в студеные воды Эридана падали их слезы — смола, — превращавшиеся в прозрачный янтарь.

В VII в. до н. э. в Древней Греции зародилось искусство глиптики — резьбы по камню. Материалом для изготовления гемм первоначально служили халцедон, яшма, горный хрусталь, празем. Из них вырезали фигурки животных, богов, людей. Особое развитие этот вид античного искусства получил в IV в. до н. э., когда стали применять многослойные цветные камни — сардониксы, агаты, а также более твердые камни — изумруд, аквамарин и др. Античные мастера вырезали на камне сцены из мифологии, изображения богов и мифических героев, портреты правителей, победителей Олимпийских игр и других лиц. Выбор камня подчинялся сюжету. 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. Морские сюжеты, фигурки Нептуна и Тритона вырезали на аквамарине; бога веселия и виноделия Диониса (Бахуса) — на аметисте, который якобы

предохранял от опьянения. Юристы и судьи носили геммы из кроваво-красной яшмы.

В Государственном Эрмитаже в Ленинграде находится уникальная коллекция художественных миниатюр — античных гемм: «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 с изображением Зевса и Леды, богини победы Ники на колеснице, Психеи и Эрота. Изумительны по красоте геммы знаменитого Хеосида на яшме — «Цапля с кузнечиком», «Лошадь-победительница», «Летящая цапля». В Эрмитаже хранится замечательная гемма из сардоникса с портретом Александра Македонского работы выдающегося мастера резьбы по камню Пирготеля.

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

Из Древней Греции искусство резьбы по камню распространилось в Древнем Риме, где оно получило новое развитие — этрусско-италийское, для которого характерен пышный, помпезный стиль.

История сохранила имена известных мастеров резьбы по камню того времени. Это — Пирготель, Апполонид, Кронид, Гликон, Аспазий, Афенион. Многие музеи бережно хранят в своих коллекциях их бесценные творения.

В Берлине хранятся геммы на сердолике (портрет Помпея) и на ониксе (изображения Цербера и Геркулеса). В Париже, в кабинете гемм французской национальной библиотеки, экспонируется ряд драгоценных античных камней: «Амфитрида, плывущая по волнам на мор-

* Курсивом выделены рисунки, помещенные на вкладке.

ском быке» (работа Гликона), изображение Пелопса с конями Нептуна, «Психея» и ряд других, а в Парижском музее — геммы Диоскорида «Голова Мацены» на аметисте и «Персей» на сердолике.

На территории СССР самые древние ювелирные изделия с драгоценными камнями найдены в Грузии (Триалети, нач. II тысячелетия до н. э., «Ахалгорийский клад» V в. до н. э.), Армении и Азербайджане. Обнаружены разнообразны украшения — браслеты, перстни, серьги, ожерелья с сердоликом, агатом, бирюзой и лазуритом. На побережье Черного моря, там, где с V в. находились греческие города-колонии, также найдено большое число украшений с горным хрусталем, аметистом, халцедоном и другими камнями. 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 камней. Так, при раскопке захоронения у с. Велемичи обнаружено ожерелье из синих и зеленых камней.

Если манера исполнения, сюжеты и выбор камней для украшений, найденных на юге европейской части СССР, свидетельствуют о сильном влиянии культуры Древней Греции, то для других ее регионов характерно влияние культуры Средней Азии — Ирана, Хорезма, государств Кавказа. Например, при раскопках захоронений (V—VIII вв.) в районах Прикамья найдены украшения — бусы, ожерелья и браслеты из горного хрусталя, плазмы, празема, а также бирюзы и лазурита — излюбленных камней Древнего Востока.

Обработка цветных драгоценных камней в древние времена была несложной. Как правило, она ограничивалась обкалыванием камня и его шлифовкой. В раннем средневековье обработка ювелирных камней усложнилась: камень вначале шлифовали на плите из мелкозернистого песчаника, а затем полировали на свинцовой плите с кирпичной мукой или толченым мелким горным хрусталем. Причем стали получать не только гладкие, но и выпуклые камни с блестящей поверхностью, похожие на современные кабошоны. Обработанные таким образом камни применялись в различных изделиях: ими украшались чаши и кубки, оружие, сбруя, церковная утварь и одежда. Чаще всего в изделиях XII—XIII вв. применялись аметист, горный хрусталь, сердолик, изумруд, сапфир, бирюза. Так, в Государственном Эрмитаже хранятся реликварии, распятия, складени и другие изделия Франции и Германии

XII—XIII вв., которые отделаны перечисленными драгоценными камнями.

В XIV—XV вв. в Западной Европе уровень культуры и техники обработки цветного камня значительно возрос. В 1327 г. в Брейсгау 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 — в Идар-Оберштейне. В 1400 г. немецкие мастера появились в Париже, где в 1456 г., видимо, впервые начали обрабатывать алмаз алмазным порошком. Античные камеи и инталии пользовались большим успехом во многих странах Европы. М. И. Пыляев [29] пишет, что Карл Великий (742—814) геммой с изображением Юпитера скреплял документы, а Пипин Короткий (714—768) для этих целей использовал гемму с изображением Бахуса.

Эпоха Возрождения сильно повлияла на развитие ювелирного искусства. Искусство глиптики в Италии вновь возродил Иоанн Бернарди (1555 г.). Его произведения, исполненные в античном стиле, преобладавшем в течение нескольких веков в резьбе по камню, отличаются большим художественным вкусом. Преемниками Бернарди были Доминико де Камеи и Кольдоре.

В это же время жил и работал знаменитый художник-ювелир Бенвенуто Челлини, создавший великолепные образцы изделий из золота, эмали и драгоценных камней. Его работы хранятся в музеях Вены, Парижа и других городов. По рисункам известных итальянских живописцев Гиберти, Гирландайо и др. создаются уникальные ювелирные изделия — перстни, браслеты, застежки, 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 (жадеит, лазурит, малахит, аметист, яшма, агат и др.), находящиеся ныне в Эрмитаже. Цветными камнями украшали оружие. Для этого использовали лазурит, сердолик, яшму, бирюзу, гранат, агат и др.

Развивается ювелирное дело и в Германии. В Нюрнберге, Аугсбурге и других городах по рисункам крупнейших художников начала XVI в. — Дюрера, Гольбейна-младшего и др. создают уникальные ювелирные изделия. Великолепным резчиком по камню считался Лука Килиан, которого называли немецким Пирготелем. В ряде стран появляются первые кабинеты минералогии.

Существует предположение, что технология огранки

алмаза в бриллиант была разработана в 1600 г. в Париже. Однако Э. Брутон считает, что первые бриллианты были изготовлены в Венеции В. Перуччи, причем гораздо раньше.

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.

В XVIII в. искусство камнерезания стало развиваться во многих странах. Наиболее интересны геммы конца XVIII в., выполненные английскими резчиками Уильямом и Чарльзом Браунами и хранящиеся сейчас в Эрмитаже. Брауны выработали свой стиль подражания античным мастерам. Чаще всего они применяли сердолик, сардоникс, оникс, горный хрусталь, кахолонг и другие разновидности кварца. В известной инталии «Марс и Беллона» (рис. 2) они великолепно использовали разнообразную окраску камня, в результате чего 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 фигурка Екатерины II в образе богини победы Минервы, перед которой преклонил колени янычар, олицетворяющий поверженную Турцию. Над Екатериной II — парящая фигура Славы. Эта камея отличается очень тонкой резьбой и прекрасной передачей объема.

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 использоваться при изготовлении настольных украшений — шкатулок, статуэток, письменных приборов, часов и т. п. В Эрмитаже хранятся настольные украшения французских ювелиров XVII—XVIII вв., усыпанные рубинами, сапфирами, бриллиантами, изумрудами, бирюзой, гранатами, горным хрусталем и 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. Несметными богатствами обладали правители Индии — Великие Моголы. Среди их сокровищ было пять тронов. Они были выполнены из золота и украшены алмазами массой до 300 кар каждый, жемчужинами до 50 кар и другими драгоценными камнями. Каждый трон имел название — алмазный, изумрудный, рубиновый, сапфировый и павлиний.

На территории европейской части нашей страны геологические условия резко отличались от условий Западной Европы, Средней Азии и Среднего Востока. Это несколько сдерживало развитие культуры приречения 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».

Ассортимент каменного материала рос медленно. Кварцит, кварц, халцедон, кремь и яшмы — вот список минералов, применявшихся у нас. На Западе уже в палеолите использовалось не менее 20 минералов и около 10 видов горных пород; в неолите их общее число дошло до сорока. А. Е. Ферсман 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: кремь и кварцит на Руси, обсидиан в Армении, нефрит (или змеевик) в Сибири, пирофиллит на Украине — всюду в сочетании с наступающей и побеждающей культурой меди и бронзы».

Впервые данные о камнях в Древней Руси были изложены в «Изборнике Святослава» (1073 г.). В нем встречаются описания некоторых свойств камня — цвета, твердости, цены, медицинские. Как правило, последние часто были связаны с различными суевериями. Одно из интересных ювелирных изделий Оружейной палаты — образок-камея из агата, выполненная византийскими мастерами в XI—XII вв. (рис. 4), серебряная оправка камеи, отделанная жемчугом и драгоценными камнями

синего, красного и зеленого цветов, создана позже, в XIV—XV вв.

В X—XVI вв. использовали янтарь, светлый аметист, с Кандалакшского залива привозили речной жемчуг, из Закавказья — обсидиан, гагат, мраморный оникс и бирюзу, из Средней Азии — лал и лазурит. Драгоценными камнями украшались оружие и одежда князей и бояр, в обиходе стали перстни с камнями и различные шейные и наплечные украшения. Появляются символы верховной власти — короны, скипетр, держава, царский жезл. В Оружейной палате Московского Кремля хранится уникальное произведение ювелирного искусства «Шапка Мономаха». Этот символ царской власти попал в Россию в XII—XIII вв. и считается арабско-египетским изделием. Она богато отделана жемчугом, рубинами, изумрудами и сапфирами, а навершие украшено крестом с крупными жемчужинами и изумрудами. «Шапка Мономаха» — символ высшей царской власти, и ею венчали на царство всех великих московских князей.

Большой популярностью пользовались драгоценные камни на Руси в XV—XVI вв. Иван III (1440—1505 гг.) разрешил свободную торговлю драгоценностями иностранным купцам. Русский историк Валуев пишет, что «...он усугубил сокровища, ... приумножил пышность двора своего». Огромные богатства собрал Иван Грозный (1530—1584 гг.). В его сокровищнице имелись изделия из бирюзы, кораллов, рубинов, сапфиров, изумрудов и других драгоценных камней. 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, гранатами и жемчугом — излюбленными камнями Древнего Востока. Венец шапки ранее был украшен красной китайской шпинелью, которая в 1627 г. была заменена крупным желтым топазом с двумя жемчужинами (рис. 5).

При царском дворе Романовых работали иностранные ювелиры, которые в 1627—1628 гг. изготовили «Большой наряд» — скипетр, державу и венец (рис. 6). 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 уникальных регалий — «Шапка Мономаха второго наряда», две «Алмазные шапки», новая держава, скипетр, посох, бармы и другие изделия, хранящиеся ныне в Оружейной палате. В 1730 г. для русской императрицы Анны Иоановны была создана корона, в которой использовали 2536 бриллиантов и более 20 крупных цветных драгоценных камней. Вершину короны украшает крупный турмалин и крест с бриллиантами (рис. 7).

В Оружейной палате экспонируются разнообразные символы верховной власти, оружие, одежда и утварь. Среди них — скипетр польского короля, вырезанный из аквамарина, яблоко великодержавное, украшенное алмазами, изумрудами, красными и синими яхонтами, «Крест Мономахов», отделанный рубинами, жемчугом, алмазами и изумрудами, государственный щит России с бляхами из горного хрусталя, с изумрудами и рубинами. Здесь же хранятся царские троны, обильно украшенные самоцветами. Огромный интерес представляет старинное оружие: булавы XV в. со шпинелью, бирюзой и яхонтами; топоры рынд с яхонтами и бирюзой; палаши с изумрудами, яхонтами и бирюзой; усыпанные самоцветами греческие сабли; футляры для луков, колчаны для стрел и др. Там же экспонируется посуда из драгоценных металлов, украшенная драгоценными камнями.

В церковном убранстве на Руси драгоценные камни всегда играли большую роль. Иконы, кресты, мантии и различная церковная утварь украшались жемчугом, изумрудами, яхонтами и другими камнями. Широко известна богато украшенная икона «Владимирской богородицы» (1154 г.), хранящаяся в Москве. В алтаре Успенского собора в Москве хранятся два корсунских креста (1000 г.): один из горного хрусталя, а другой — из серебра с драгоценными камнями. По данным И. Е. Забелина, в золотое кадило Архангельского собора (1598 г.) «вставлены изумруды и яхонты, граненые и неграненые».

Очень ценны чаша (860 г.), вырезанная из целого куска сердолика (собрание Строгановых), и богато украшенное царское евангелие (1693 г.).

В изделиях с драгоценными камнями, изготовленных до XVII в., применялись главным образом камни, при-

везенные из других стран. Так, А. Е. Ферсман пишет, что в это время настоящего русского самоцвета и русского камня для ювелирных изделий в России не было, а все цветные камни попадали в Россию из Византии или с Востока. Только в середине XVII в. началась добыча русского драгоценного камня. В 1635 г. в предгорьях Урала был обнаружен малахит. Верительные грамоты 1675 и 1696 гг. сообщают нам об открытиях в Восточной Сибири месторождений сердоликов, агатов, халцедонов и яшм. В 1668 г. около деревни Мурзинки, на Среднем Урале, Михайло Тумашов 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. К концу царствования Петра I слава об уральских самоцветах приобрела 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. 14 января 1725 г. Петр I повелел построить в Петергофе мельницу на 40 рам «для обработки и полирования самоцветов и стекла». А. Е. Ферсман пишет: «В течение двухсот с лишним лет фабрика была рассадником культуры камня, школой художников и мастеров. Ее изделия превосходили произведения Флоренции и Милана».

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

В XVIII в. был учрежден ряд орденов, украшенных бриллиантами и другими драгоценными камнями. На выставке «Алмазный фонд СССР» экспонируются ордена и орденские знаки, каждый из которых — уникальное ювелирное произведение.

Быстро развивается русское камнерезное искусство во времена царствования Екатерины II. В 1774 г. на берегу

р. Исеть была построена Екатеринбургская гранильная фабрика, а несколько позднее на Алтае — Кольванская шлифовальня. «Петергоф — Екатеринбург — Кольвань — 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», — так писал А. Е. Ферсман в книге «Из истории культуры камня в России».

Екатерина II очень любила драгоценности и щедро раздаривала их своим фаворитам — Румянцеву, Орлову, Потемкину, Зубову.

В то время в Петербурге на Миллионной улице жили лучшие мастера-ювелиры (Позье, Людовик Дюваль и др.), многие из которых выполняли заказы для царского двора. В моду вошли изделия с бриллиантами — серьги, пржки для башмаков, поясов, пуговицы и запонки, браслеты, банты, букеты цветов, табакерки и гребни. Некоторые из этих изделий экспонируются на выставке Алмазного фонда СССР (рис. 8—12). В XVIII и XIX в. в Петербург свозили самые лучшие облицовочные камни, которые использовались при строительстве дворцов, соборов, мостов. Именно камень создавал незабываемый облик Северной Пальмиры.

В 1765 г. была организована экспедиция «по розыскам мраморов и специальных каменьев на Урале», которая по существу представляла собой первую в России минералогическую экспедицию.

В это время на Южном Урале в Ильменских горах были открыты месторождения амазонского камня, а на берегах 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 в настоящее время считается одной из лучших в СССР.

В конце XVIII в. в России начал развиваться камнеобрабатывающий промысел. На Урале стали гранить бериллы, изумруды, топазы, горный хрусталь, полировать яшмы, малахит и другие породы и минералы. На Алтае и в Забайкалье из цветных камней изготавливали вазы, столешницы и торшеры, получившие всемирную известность.

В 1817 г. в Петербурге было создано второе в мире

и первое в России минералогическое общество *, объединившее любителей минералогии, горных инженеров и ученых страны. Увлечение цветным камнем привело к открытиям в середине XIX в. месторождений 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», — так писал А. Е. Ферсман.

Действительно, в России в XIX в. камнеобрабатывающее искусство достигло весьма высокого уровня. Всему миру известны великолепные дворцы Петербурга (Зимний, Строгановский, Мраморный), Царского Села, Петергофа и Павловска, а также соборы — Исаакиевский, Петра и Павла и др., в облицовке которых использовались разнообразные мраморы, яшмы, кварциты, малахит, лазурит, родонит и другие цветные камни России. На весь мир прославился уральский малахит. Из него были изготовлены вазы, столешницы, письменные приборы и украшения. Прекрасен Малахитовый зал Зимнего дворца. Изделия русских мастеров из малахита хранятся в Лувре [10].

Получила всемирное признание и русская яшма. Мастера Колывани и Екатеринбурга создали много уникальных изделий — ваз, столов, колонн и торшеров. В их числе знаменитые гигантские вазы из калканской яшмы, изготовленные прославленными русскими мастерами Коквиным и Налимовым. В XIX в. на заводах Колывани и Екатеринбурга сделано более 300 крупных ваз. В Эрмитаже хранится более ста ваз, чаш, столешниц и торшеров из яшмы. В заключении жюри I Всемирной выставки в Лондоне (1851 г.) по поводу экспонировавшихся 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».

Посетителей русского раздела Всемирной выставки поражали своей красотой прекрасная диадема, украшенная тремя тысячами драгоценных камней, коллекция уральских самоцветов графа Демидова, рубины графини Воронцовой-Дашковой.

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

Ошеломляющее впечатление производили огромные парадные двери из малахита. Авторы «Обозрения Лондонской всемирной выставки» писали: «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 этой выставки.

В начале века в ювелирных изделиях наряду с бриллиантами, сапфирами начали широко применять полудрагоценные камни, из которых самым распространенным стал сердолик. Он употреблялся для изготовления перстней, табакерок, браслетов. В это же время стали цениться аквамарины, топазы, агаты, ониксы. Из них делали браслеты, цепи, диадемы, гребни и кольца. Камеи, гребни, серьги, браслеты — вот изделия из кораллов, снова вошедших в моду в 20-х годах XIX в. В это же время появляются броши из драгоценных камней с миниатюрными портретами или камеями.

Во второй половине XIX в. среди ювелирных фирм России выделилась фирма, которой руководил Карл Фаберже. Она была основана в 1848 г. в Петербурге. По рисункам и образцам Фаберже работали крупные ювелирные мастерские того времени — Реймера, Гольстрема и Коллина. В этих мастерских трудилось много талантливых русских мастеров, изделия которых ценились очень высоко. В изделиях фирмы Фаберже использовались нефрит, родонит, яшма, горный хрусталь, розовый и белый кварц, лазурит. В начале XX в. в мастерских Фаберже было освоено 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. Талантливейшим художником-камнерезом этой мастерской был П. М. Кремлев. Большой интерес представляют также работы Дербышева, Бирбаума, Якобсона. На Всемирной выставке в Париже в 1900 г. русские художественные изделия из камня имели огромный успех. После выставки фирма Фаберже открыла в Лондоне свое отделение, которое обслуживало Англию, Францию, США, Индию и Сиам.

В минералогии конец XIX в. ознаменовался синтезом

драгоценных камней группы корунда. С 1902 г. французский химик М. А. Вернейль начал поставлять на мировой рынок синтетические рубины, а чуть позже — сапфиры и шпинель. Сейчас синтезированы очень многие ювелирные камни. Решение проблемы синтеза драгоценных камней дало новый толчок в развитии ювелирного производства. Синтетические камни очень быстро нашли широкое применение в самых различных областях промышленности.

Однако обилие синтетических камней не снизило, а во много раз превысило стоимость природных ювелирных камней. За последние десять лет стоимость ювелирных алмазов увеличилась почти в три раза, а цены на изумруды и рубины стали выше, чем на алмазы. Украшения из камней по-прежнему ценятся очень высоко.

Но драгоценный камень служит не только для украшения. Так, алмазы используются в бурении. В настоящее время более 30% общего объема бурения выполняют с помощью алмазных коронок, что уменьшает сроки разведки новых месторождений и снижает затраты на эти работы в три раза и более. В металлообрабатывающей промышленности алмаз служит резцом и сверлом, незаменим он в абразивной промышленности. Его применяют в приборостроении, при протяжке тонкой проволоки в кабельной и электроламповой промышленности. Цирконы применяются 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 — в оптике и радиоэлектронике, а берилл и другие бериллиевые минералы являются сырьем для создания особо прочных металлов.

Огромная область применения у минералов группы кварца — радиоэлектроника, стекольная и абразивная промышленность, приборостроение и др. Цветные камни широко используются и в строительном деле. Яшма, мраморы, лабрадорит, кварцит, родонит — вот камни, которые украшают интерьеры подземных станций Московского метрополитена. Цветные камни применяются для наружной и внутренней отделки деталей стен, интерьеров и цоколей.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛОГИИ И ГЕММОЛОГИИ

Первые описания 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 «Веды» (конец II — первая половина I тысячелетия до н. э.).

Греческий философ-натуралист Аристотель (384—322 гг. до н. э.) первым попытался классифицировать камни. Ученик Аристотеля Теофраст (372—287 гг. до н. э.) в книге-трактате «О камнях» привел сведения о 16 минералах, которые он разделил на металлы, камни и земли.

Римский географ Страбон (64/63 г. до н. э.— 23/24 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.

Плиний Старший (23/24—79 гг. н. э.) в энциклопедическом труде «Естественная история» изложил свои представления и привел сведения по минералогии, которой он отвел 5 томов из 37. Он описывает алмаз, золото, кварц, берилл, топаз и другие минералы, их происхождение и применение. В «Естественной истории» 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 Бируни (973 — около

1050 г.) описал более 50 минералов и руд, привел данные о приемах обработки камней, ценах на них и главных месторождениях. В труде «Правила нахождения удельных весов минералов» он привел ряд числовых данных, близких к современным. Это первые цифровые константы минералов, установленные экспериментальным методом. 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 г. в Средней Азии и Иране. Это был естествоиспытатель в широком смысле этого слова — философ и врач, геолог. В 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 г.) 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 г., 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 в трудах среднеазиатских ученых.

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

Большое влияние на развитие учения о минералах

оказал немецкий врач и металлург 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 пробирного анализа минералов и дана подробная их классификация.

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 долговому употреблению, чем не обладает ни один кристалл, который быстро стареет». Им впервые выдвинута гипотеза о происхождении кварца не из воды, а из «каменных соков». Труды Д. Кардано способствовали материалистическому развитию минералогии.

Большое значение для развития кристаллографического направления в минералогии имели работы Н. Стенона (1638—1686 гг.) и французского ученого Ж.-Б. Ромэ-Делиля (1736—1790 гг.). 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.) в 1811 г. предложил общеизвестную десятибалльную шкалу твердости минералов, которой пользуются все минералоги до настоящего времени. Изобретенные У. Волластоном (1766—1828 гг.) однокружной, а выдающимся русским ученым Е. С. Федоровым (1853—1919 гг.) двукружные отражательные гониометры способствовали дальнейшему развитию 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.), немецкие ученые Э. Митчерлих (1794—1863 гг.) и П. Грот (1843—1927 гг.), австрийский минералог Г. Чермак (1836—1927 гг.) и американский минералог Дж. Дана (1813—1895 гг.).

В России минералогия начала развиваться с момента создания в начале XVIII в. горнозаводской промышленности. Основоположителем ее был М. В. Ломоносов (1711—1765 гг.). Идеи М. В. Ломоносова в дальнейшем развивал К. Г. Лаксман (1737—1826 гг.). В 1773 г. в Петербурге 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 школы связан с работами акад. Н. И. Кокшарова (1818—1892 гг.), П. В. Еремеева (1830—1899 гг.), Е. С. Федорова (1853—1919 гг.). Большая заслуга в развитии минералогии принадлежит акад. В. М. Севергину (1765—1826 гг.), автору первых обобщающих трудов по минералогии России.

Широкое внедрение микроскопических методов исследования, 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 минералогия 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 созданы 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.).

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, правил Гиббса) при анализе парагенетических ассоциаций (акад. Д. С. Коржинский), изучению газовой-жидких и расплавленных 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, производства минералов с заданными свойствами.

На новой основе развивается в настоящее время и кристалломорфология. Благодаря скрупулезным исследованиям Г. Г. Леммлейна, И. И. Шафрановского и Д. П. Григорьева, возникло онтогенетическое направление, задачи которого — расшифровка истории зарождения, роста и дальнейшего изменения минеральных индивидов и их агрегатов, выяснение механизма и способа образования самих минералов. Онтогенетические исследования крайне важны для понимания условий формирования 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, ядерно-магнитного, ядерного гамма-резонанса и др.) позволяют выявить все процессы, 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. Воздействуя на минералы различным образом (например, облучая их или нагревая), эти дефекты структур можно перестраивать и таким образом создавать основы для

облагораживания минералов и повышения их качества.

Современный этап развития минералогии характеризуется выделением особого его направления — учения о драгоценных камнях — геммологии (от лат. *gemma* — драгоценность, драгоценный камень и греч. *logos* — учение). Зародилось оно много лет назад, но выделение его в самостоятельную науку произошло на рубеже XIX и XX вв. Это было время бурного роста науки и техники, открытия новых месторождений драгоценных камней, начала производства искусственных камней — аналогов природных минералов. Достижения науки позволяли изменить некоторые свойства ювелирных камней (окраску, прозрачность и др.). Все это повысило интерес к ним.

Впервые термин геммология был употреблен в 1892 г., а в 1908 г. на конференции британской Гольдсмитовской национальной ассоциации по предложению М. Барнетта, принимается резолюция о необходимости подготовки геммологов — и в 1910 г. в Лондоне начинают действовать курсы, на которых читаются лекции и проводятся экзамены по геммологии.

В создании геммологии сыграли большую роль труды немецких исследователей драгоценных камней П. Грота (1887 г.), Н. Делтера (1893 г.), М. Бауэра (1896 г.), американского — Дж. Кунца (1890 г. и др.), английского — Дж. Смита (1912 г. и др.) и др. Помимо изучения и описания ювелирных камней и их месторождений, большое место уделяется разработке методов диагностики минералов и их отличию от все увеличивающегося числа синтетических камней. Начало разработке приборов, специально предназначенных для этой цели, положил Дж. Смит, создавший в 1906 г. геммологический рефрактометр. Незаменим вклад в решение этих задач Геммологического института Америки, основанного в 1931 г. Р. Шипли в Лос-Анджелесе (США), Механической лаборатории в Лондоне (Великобритания), Института исследования драгоценных камней в Майнце (ФРГ), Лаборатории исследования алмазов в Иоханнесбурге (ЮАР) и др.

Современная зарубежная геммология связана с именами Б. Андерсона, Р. Вебстера, Е. Гюбелина, Р. Шипли, Р. Лиддикюта, Дж. Синканкаса, К. Шлоссмахера, Г. Банка. Научно-исследовательские и конструкторские работы, а также подготовка геммологов в большинстве стран проходят в рамках национальных геммологических ассоциаций и обществ.

Раз в два года уже более 30 лет созываются Международные геммологические конференции. Создана Международная геммологическая ассоциация. Распространению достижений геммологов способствуют периодические издания.

Интенсивно развивается геммология и в странах социалистического содружества (ПНР, ЧССР, НРБ и др.).

В нашей стране исключительная роль в изучении камней-самоцветов принадлежит акад. А. Е. Ферсману, которого можно считать отцом советской геммологии. Его перу принадлежат «Очерки по истории камня», «Драгоценные и цветные камни СССР», «Рассказы о самоцветах», «Из истории культуры камня в России», «Цвет 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. Крыжановского, 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». Под его руководством произведено первое научное описание сокровищ Алмазного фонда СССР.

Изучение месторождений драгоценных и поделочных камней, начало которому было положено А. Е. Ферсманом, продолжили В. С. и Н. В. Соболевы, М. А. Гневушев, В. С. Трофимов, Б. И. Прокопчук, Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич, Т. И. Менчинская, Б. М. Шмакин и многие другие. Особое место среди них занимают геологи ВПО «Союзкварцсамоцветы».

Минералогические аспекты геммологии рассмотрены в трудах Д. П. Григорьева, И. И. Шафрановского, Ю. Л. Орлова, Г. П. Барсанова, М. Е. Яковлевой, В. И. Кузьмина и многих других.

Особое место среди исследований занимают вопросы изучения окраски минералов, их люминесценции и других физических свойств. Решение их стало возможно только благодаря современным достижениям физики твердого тела. В этой области большой интерес представляют работы А. С. Марфуниной, М. И. Самойловича, А. Н. Платонова, Л. В. Бершова и др. Различным аспектам изучения органогенных ювелирных камней посвящены работы С. С. Савкевича, Б. М. Сребродольского, А. А. Кораго

и др. Быстро развивается направление искусственного получения ювелирных камней. В этой области следует отметить работы А. А. Годовикова, М. И. Самойловича, В. С. Балицкого, Г. Н. Безрукова, Г. В. Букина и др.

Большая работа по организации центров и лабораторий по изучению и диагностике драгоценных камней выполнена Н. Я. Баулиным, В. М. Зубковым, В. М. Романовым, Н. И. Корниловым, Ф. И. Лобановым и др. Вопросам обработки алмазов посвящены труды В. Н. Андреева, В. И. Епифанова, А. Я. Песиной, Л. В. Зыкова, Э. И. Белицкой и др.

В организацию подготовки геммологов во МГРИ большой вклад внесли Д. П. Лобанов, В. А. Галюк, Д. А. Минеев и др.

Глава II. КЛАССИФИКАЦИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

Минералы разделяют по происхождению, химическому составу, кристаллографическим признакам. Наиболее распространена кристаллохимическая классификация минералов (по типам химических соединений, с учетом их структурных типов). Классификации ювелирных и поделочных камней отличаются от минералогических классификаций прежде всего тем, что часто в основе разделения драгоценных камней лежит их стоимость. В Саксонии еще в начале XIX в. драгоценные камни по областям их применения подразделяли на драгоценные, лечебные и камни, используемые в строительном деле, для изготовления ваз, статуй и т. п. В середине XIX в. в Европе ювелиры разделяли драгоценные камни на две группы: восточные и западные. В основу этого деления положена твердость камня.

В 1860 г. немецкий ученый К. Клюге предложил первую научно обоснованную классификацию драгоценных и полудрагоценных камней, которые он разделил 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, II классу — циркон, берилл, топаз, турмалин, гранат, благородный опал, III классу — кордиерит, везувиан, хризолит, аксинит, кианит, ставролит, андалузит, хиастолит, эпидот и бирюзу. В группу полудрагоценных камней (IV и V класса) К. Клюге включил следующие камни: IV класс — 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; V класс — 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 минерало-

гии 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 полудрагоценные 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: I класс — алмаз, корунд, хризоберилл и шпинель; II класс — циркон, берилл, топаз, турмалин и гранат, а также благородный опал из группы цветных камней; III класс — кордиерит, хризолит, кианит и другие драгоценные камни, кроме того, бирюза из группы цветных; в IV класс входили такие полудрагоценные камни, как кварц, полевой шпат, флюорит, а из группы цветных — авантюрин, кошачий глаз, халцедон, опал, обсидиан, лазурит, янтарь; к V классу отнесены 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 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. В зависимости от ценности камни группы делились 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 изготовления кабошонов и различных поделок.

Классификация М. Бауэра — А. Е. Ферсмана

I группа — драгоценные камни (самоцветы)

1 порядок: алмаз, рубин, сапфир, изумруд, александрит, благородная шпинель, эвклаз

2 порядок: топаз, аквамарин, берилл, красный турмалин, кровяной 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 группа — 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, везувиан, 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 группа — драгоценные камни органогенные

Жемчуг, коралл, янтарь, гагат

Приведенной классификацией длительное время пользовались в СССР и за рубежом. Однако она не лишена ряда недостатков, кроме того в настоящее время практическая ценность многих драгоценных камней существенно изменилась, в связи с чем появились модификации этой классификации [33 и др.]. В 1973 г. Е. Я. Киевленко предложил модернизированную классификацию цветных камней, в которой были учтены их рыночная стоимость и применение в ювелирных изделиях и предметах художественно-камнерезного промысла. В 1983 г. эта классификация была им уточнена [14].

Классификация Е. Я. Киевленко

Первая группа — ювелирные (драгоценные) камни

I порядок: рубин, изумруд, алмаз, синий сапфир

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

III порядок: демантоид, шпинель, благородный белый и огненный опал, аквамарин, топаз, родолит, турмалин

IV порядок: хризолит, циркон, желтый, зеленый, розовый берилл, кунцит, бирюза, аметист, пироп, альмандин, лунный и солнечный камень, хризопраз, цитрин

Вторая группа — ювелирно-поделочные камни

I порядок: лазурит, жадеит, нефрит, малахит, чароит, янтарь, горный хрусталь (дымчатый и бесцветный)

II порядок: гематит-кровоавик, родонит, непрозрачные иризирующие полевые шпаты (беломорит и т. п.), иризирующий обсидиан, эпидот-гранатовые и везувиановые родингиты — жады

Третья группа — поделочные камни

Яшма, мраморный оникс, обсидиан, гагат, окаменелое дерево, листовит, кремнь рисунчатый, графический пегматит, флюорит, авантюриновый кварцит, селенит, агальматолит, цветной мрамор и т. п.

За рубежом известны классификации драгоценных камней Дж. Синканкаса (1955 г.), Р. Вебстера (1962 г.), Судзуки и др. Каждая классификация характеризуется своими особенностями и отличиями. Кроме главных 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 неодинаковое место, хотя общий характер классификаций в основном совпадает.

Развитие ювелирной и камнерезной промышленности в СССР в последнее десятилетие потребовало создания промышленной классификации ювелирных и поделочных камней, пригодной для практической работы этой новой отрасли. Такого типа классификация создана Всесоюзным научно-исследовательским институтом ювелирной промышленности (ВНИИювелирпром).

Промышленная классификация естественных ювелирных и поделочных камней ВНИИювелирпрома

Тип I. Ювелирные камни

Подтип I—1. Прозрачные камни:

группа I—1—1. Твердость 10 — алмаз;

группа I—1—2. Твердость 7—9 — 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-красный, пирит, кобальтин, псиломелан;

группа I—2—2. Рисунчатые — гематит — гётитовая стеклянная голова, крипомелан — голландитовая стеклянная голова

Подтип I—3. Просвечивающие камни:

группа I—3—1. Яркоокрашенные камни — сердолик, хризопраз, хлоропал, розовый кварц, цветные полуопалы, смитсонит, пренит, цоизит, 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. Камень, применяемый 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 имитации, гранат-хлоритовая порода, ксенолит, 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, кремень 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—4а. Массивные камни — почки халцедона, смитсонита, нефрита;
 - подгруппа II—2—4б. 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—1. 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—2а. Льдистый кварц, кварцит-таганай, амазонитовый гранит;
 - подгруппа III—1—2б. Перидотиты, пироксениты, геденбергитовый скарн;
 - подгруппа III—1—2в. Лиственит, джеспилит;
 - подгруппа III—1—2г. Эклогит, гранатовый гнейс, турмалиносодержащие породы;
 - подгруппа III—1—2д. 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

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

Существуют промышленно-генетические, технологические, торговые и другие классификации. Выбор той или иной классификации определяется задачами геммолога.

В настоящей работе описание ювелирных камней приводится согласно систематике, уже использованной авторами в работах [35, 36]. Все ювелирные камни (около 200 наименований) разделены на три группы: I — ювелирные камни неорганического происхождения (минералы и в меньшей мере горные породы), II — ювелирные камни органического происхождения, III — синтетические ювелирные камни. Наиболее обширна I группа. Систематизацию минералов в ней целесообразно проводить по единственно устойчивому признаку — кристаллохимическому (используемому и многими другими геммологами), ибо деление на драгоценные, полудрагоценные, на порядки в соответствии со стоимостью и другие типы для большинства камней весьма условно. Оно, как уже отмечалось, зависит от конъюнктуры, моды, традиций, качества и цвета одного и того же камня, открытия новых месторождений, появления синтетических аналогов и многих других причин.

В первой, довольно большой, группе ювелирных камней при необходимости можно выделить две подгруппы: традиционные и нетрадиционные ювелирные камни. Традиционные ювелирные камни издавна и широко используются в ювелирном деле. К ним относятся: алмаз, рубин, сапфир, изумруд, аквамарин, хризоберилл, александрит, опал, пироп, альмандин, спессартин, демантоид, гессонит, шпинель, топаз, турмалин, лабрадор, лунный и солнечный камень, циркон, хризолит, бирюза, кунцит, аметист, цитрин, розовый кварц, авантюрин, хризопраз, карнеол и другие разновидности кварца и халцедона, лазурит, жадеит, нефрит, малахит и др. В различных странах значимость их и стоимость в разные эпохи и годы была неодинаковой. Самыми дорогими (драгоценными) всегда были алмаз, изумруд, рубин и сапфир. Они составляют основу валютных государственных фондов, их используют в качестве инвестиций, на цену этих камней не влияют искусственно

выращенные аналоги. Стоимость остальных может испытывать значительные колебания во времени и пространстве.

Подгруппа нетрадиционных ювелирных камней также очень неоднородна. В ней можно выделить несколько порядков. К первому порядку относятся новые ювелирные камни. Это — сравнительно недавно открытые минералы или разновидности известных минералов, нашедших признание, прежде всего, в качестве ювелирных: бенитоит, бразилианит, гидрогроссуляр (трансваальский жад), калифорнит (везувиан), клиногумит, сингалит, тафеит, танзанит, тсаворит, хромдиопсид, чароит и некоторые другие.

Ко второму порядку относятся ювелирные разновидности минералов, известных в основном как породообразующие, коллекционные или имеющие сырьевую ценность. В настоящее время они применяются как самостоятельные ювелирные камни, реже — как имитации известных ювелирных камней и образуют иногда значительные скопления (месторождения). Это гаюин, гердерит, домортьерит, еремеевит, лазулит, пурпурит, скаполит, содалит, ставролит, тугтупит, фенакит, флюорит, церулеит, эвдиалит, эвклаз, энстатит, эпидот и др.

К третьему порядку относятся, главным образом, разновидности минералов, обладающие красивым цветом, прозрачностью, эффектами астеризма, кошачьего глаза и др., представляющие собой в основном коллекционные образцы, которые когда-либо использовались в ювелирном деле как самостоятельные ювелирные камни или, что гораздо чаще, как имитации каких-либо дорогих камней. В начале 80-х гг. нашего века на рынке ювелирных камней в большом количестве появился желтый прозрачный титанит, который благодаря сильному алмазному блеску и весьма высокой дисперсии показателей преломления (0,051) очень удачно имитирует бриллианты. Стоимость природной имитации не только превысила стоимость лучших синтетических имитаций (фианита, фабулита и др.), но и стоимость некоторых традиционных ювелирных камней этого же цвета (берилла, цитрина, гроссуляра, циркона и др.). Ограненный титанит массой от 1 до 5 кар стоил до 150 дол./кар (1980 г., США).

Стоимость камней этого порядка самая нестабильная и может не только резко возрасти, но и падать. К таким камням можно отнести апатит, азурит, андалузит, волластонит, гамбергит, гемиморфит, данбуриит, датолит,

диоптаз, канкринит, касситерит, нефелин (элеолит), поллцит, силлиманит, смитсонит, сфалерит, титанит, целестин и другие. Деление на порядки и даже на подгруппы в систематике, предложенной авторами, не является чем-то застывшим, ибо новые ювелирные камни со временем могут стать традиционными; при находке значительных скоплений ювелирных камней третьего порядка они перейдут во второй, и наоборот — при истощении месторождений камни II порядка перейдут в III.

Ювелирные камни органического происхождения (II группа) были выделены еще академиком А. Е. Ферсманом. В эту группу камней входят жемчуг (природный и культивированный), коралл, янтарь и другие природные смолы, гагат, кости, рога и бивни различных животных (слона, мамонта, носорога, моржа и др.), панцирь черепахи, перламутр. К этой же группе можно отнести и одонтолит («костяную бирюзу»).

III группа ювелирных камней — синтетические камни. Эти камни созданы гением человека, его желанием постичь и повторить процессы природы. Во многих случаях человек создавал полный аналог природных камней, но несмотря на это стоимость их в большинстве случаев была во много раз ниже.

Одновременно человек создал новые уникальные ювелирные камни (фианит, фабулит и др.). Поэтому III группу авторы также делят на подгруппы. К первой относятся синтетические ювелирные камни — аналоги природных ювелирных камней: алмаз, корунд, шпинель, кварц, опал, александрит, изумруд, сподумен, малахит, бирюза; ко второй — синтетические ювелирные камни, не имеющие природных аналогов: фианит, оксид иттрия, иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ), гадолиний-галлиевый гранат (ГГГ), титанат стронция (фабулит), ниобат лития, ниобат бария и натрия, танталат лития и др.; к третьей — синтетические камни, имеющие природные неювелирные аналоги и применяющиеся в основном как имитации традиционных ювелирных камней: муассонит, бромеллит, периклаз, рутил, касситерит, цинкит, шеелит и др.; к четвертой — группа материалов, имеющая названия, аналогичные традиционным ювелирным камням, но не соответствующая им по составу, структуре или свойствам: бирюза, лазурит, коралл и др. Группа синтетических ювелирных камней со временем будет расширяться в связи с интенсивным развитием синтеза все большего числа минералов.

Глава III. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

В настоящее время в качестве ювелирных камней применяется большое число минералов и горных пород, органических образований, природных, обогащенных и искусственно выращенных материалов. Многие из них характеризуются одинаковыми или сходными признаками, что затрудняет их диагностику. Методам диагностики посвящено довольно много публикаций [1, 12, 22, 30, 35, 47, 48, 50]. Все они основаны на определении главных свойств и внутренних особенностей исследуемого материала. Важнейшими свойствами, во многом определяющими ценность ювелирных камней, являются прозрачность и цвет.

Классификация ювелирных камней по прозрачности и цвету

Прозрачные и полупрозрачные камни

Бесцветный: алмаз, амблигонит, апатит, апофиллит, ахроит, аугелит, гамбергит, гемиморфит, гердерит, горный хрусталь, гошенит (ростерит), данбуриг, даголит, колеманит, кордиерит, корнерупин, лейкогранат, лейкосапфир, лунный камень, обсидиан, опал, петалит, поллуцит, сподумен, тафеит, топаз, томсонит, тсаворит, фенакит, флюорит, циркон, шеелит, шпинель, эвклаз

Красный: альмандин, биксбит, карнеол, обсидиан, опал огненный, пироп, родонит, родохрозит, рубеллит (сибирит), рубин, скаполит, спессартин, тафеит, топаз, томсонит, тугтупит, циркон (гиацинт), шпинель, элеолит (нефелин)

Розовый: алмаз, апатит, апофиллит, воробьевит (морганит), гердерит, данбуриг, кварц, корнерупин, кунцит, лепидолит, опал, петалит, пироксмангит, пьомонит, родолит, родохрозит, розолит (гроссулярь), рубеллит, рубин, скаполит (вернерит), смитсонит, спессартин, тафеит, топаз, томсонит, тугтупит, тремолит (гексагонит), тулит, флюорит, шпинель

Оранжевый: алмаз, виллемит, гелиодор, гессонит, опал, ортоклаз, сапфир (падпараджа), сердолик, скаполит, спессартин, сфалерит, титанит, фриделит, целестин, циркон, цитрин, шеелит, шпинель, янтарь

Желтый: аксинит, алмаз, амблигонит, апатит, апофиллит, бразилианит, виллемит, гелиодор, гердерит, гессонит, гумит, данбуриг, даголит, диопсид, дравит, канкринит, клиногумит, корнерупин, мелифанит, опал, петалит, пренит, сапфир, сингалит, скаполит, смитсонит, сподумен, сфалерит, титанит, томсонит, топаз, топазолит, флюорит, хондродит, хризоберилл, хризолит, целестин, цимофан, циркон, цитрин, цоизит, шеелит, шпинель, янтарь

Зеленый: авантюрин, александрит, алмаз, андалузит, апатит, апофиллит, берилл, бразилианит, везувиан и калифорнит, верделит,

гемиморфит, гердерит, гидденит, гидрогроссуляр (трансваальский жад), гроссуляр, датолит, демантоид, диопсид, диоптаз, жадеит, изумруд, кианит, корнерупин, линтонит (томсонит), плазма, празем, прازیолит, пренит, сапфир, смитсонит, тафеит, титанит, тремолит, тсаворит, уваровит, увит, флюорит, хризопраз, хризолит, хромдиопсид, хризоберилл, цимофан, циркон, доизит, шпинель, эвклаз, энстатит, эпидот

Г о л у б о й: аквамарин, аксинит, алмаз, апатит, виолан, гемиморфит, главколит, еремеевит, индиголит, кианит, опал, сапфир, сапфирин, силлиманит, танзанит, топаз, флюорит, халцедон, целестин, циркон, шпинель, эвклаз

С и н и й: азурит, аквамарин-максикс, алмаз, апатит, бенитоит, еремеевит, индиголит, кианит, кордиерит, сапфир, содалит, танзанит, шпинель, эвклаз

Ф и о л е т о в ы й, с и р е н е в ы й: алмаз, альмандин, аметист, апатит, виолан, гердерит, кианит, кордиерит, кунцит, сапфир, скаполит, танзанит, тафеит, флюорит, шпинель

К о р и ч н е в ы й: авантюрин, аксинит, алмаз, амблигонит, апатит, гессонит, гумит, дравит, дымчатый кварц, дюмортьерит, касситерит, карнеол, клиногумит, нефелин, обсидиан, рутил, сапфир, сардер, сингалит, скаполит, ставролит, сфалерит, титанит, топаз, флюорит, хондродит, циркон (гиацинт)

С е р ы й (ч е р н ы й): дымчатый кварц, морион, обсидиан, соколиный глаз, халцедон

Непрозрачные камни и камни, просвечивающие в тонких сколах

Б е л ы й: агальматолит, беломорит, волластонит, жадеит, жемчуг, кахолонг, коралл, корнерупин, нефрит, опал, пектолит, солнечный камень, янтарь

К р а с н ы й: жадеит, карнеол, коралл, корунд звездчатый, обсидиан, пурпурит, родонит, яшма

Р о з о в ы й: агальматолит, жемчуг, коралл, корунд звездчатый, пурпурит, родонит, родохрозит, тугтупит, тулит, яшма

Ж е л т ы й: агальматолит, жадеит, мраморный оникс, нефрит, янтарь, яшма

З е л е н ы й: авантюрин, агальматолит, амазонит, бирюза, варисцит, гелиотроп, гидрогроссуляр (трансваальский жад), жадеит, калифорнит (везувиан), корнерупин, малахит, мраморный оникс, моховик, нефрит, плазма, празем, празопал, серпентин, хризоколла, хризопраз, эпидот, яшма

Г о л у б о й: амазонит, бирюза, виолан (диопсид), гемиморфит, дюмортьерит, жемчуг, кианит, лазурит, одонтолит, пектолит, сапфирин, содалит, хризоколла, церулеит

С и н и й: азурит, афганит, дюмортьерит, лазулит, лазурит, содалит, церулеит

Ф и о л е т о в ы й, с и р е н е в ы й: лепидолит, флюорит, чароит

К о р и ч н е в ы й: авантюрин, жадеит, корнерупин, корунд звездчатый, мраморный оникс, обсидиан, сардер, тигровый глаз, цимофан, шокшинский кварцит, яшма

С е р ы й, ч е р н ы й: алмаз, гагат, гематит, жадеит, жемчуг, коралл, корнерупин, корунд звездчатый, лабрадор, меланит (шорломит), морион, нефрит, обсидиан, опал, халцедон, энстатит звездчатый, эпидот, яшма

В зависимости от степени прозрачности минералы делятся на прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные. Наиболее высоко ценятся прозрачные ювелирные камни, которые называют драгоценными, или самоцветами [14, 42].

Следует отметить, что среди последних встречаются и непрозрачные камни (бирюза, коралл и др.). Но в основном непрозрачные и просвечивающие в тонких сколах камни относятся авторами различных классификаций к ювелирно-поделочным или поделочным [15]. Прозрачность камней определяют, просматривая их на просвет. Существуют и количественные методы определения прозрачности.

Красота большинства ювелирных камней в значительной степени зависит от их цвета. Глубокие чистые тона зеленого изумруда, красного рубина, небесно-голубой бирюзы дали самостоятельные названия цветам — изумрудный, рубиновый, бирюзовый. Окраска возникает вследствие селективного поглощения минералом определенного диапазона электромагнитного излучения в пределах видимой области спектра.

Собственная окраска минерала — идиохроматическая (по классификации А. Е. Ферсмана), связана с фундаментальным поглощением минерала, наличием в нем видообразующих ионов переходных металлов и электронных и дырочных центров [28]. Этот тип окраски преобладает среди ювелирных камней. Он характерен для малахита, бирюзы, топаза, аметиста и др. Довольно значительное место занимают ювелирные камни с аллохроматической окраской, которая обусловлена присутствием в минералах примесных ионов переходных металлов, примесных (свободных) неорганических радикалов и механических примесей других окрашенных минералов. Такая окраска у разновидностей халцедона (хризопраза, сердолика и др.), авантюрина и др.

Особую группу составляют ювелирные камни с псевдохроматической окраской, обладающие иризацией, опалесценцией, астеризмом, эффектом кошачьего, соколиного, тигрового и даже рыбьего глаза. Все эти цветовые эффекты обусловлены интерференцией, дифракцией и рассеянием света.

Ниже приводятся ювелирные камни, характеризующиеся псевдохроматической окраской (курсивом выделен тип эффекта).

Опалесценция: опал благородный

Иризация: беломорит, бронзит, бургерит, лабрадор, лунный камень, обсидиан, опал огненный, солнечный камень

Астеризм: берилл, бронзит, диопсид, кварц розовый, корнерупин, корунд (рубин, сапфиры), лунный камень, шпинель, энстатит

Эффект кошачьего глаза: актинолит, апатит, берилл, демантоид, диопсид, корнерупин, лунный камень, петалит, скаполит, томсонит, турмалин, фибролит (силлиманит), церуссит, цимофан (хризоберилл), шпинель, элеолит (нефелин)

Эффект соколиного и тигрового глаза: кварц

Простейший метод оценки цвета минералов — визуальное определение его на белом листе бумаги при дневном свете в помещении, расположенном на северной стороне (или при освещении лампой дневного света). Но такая оценка в какой-то мере субъективна. Для объективной оценки используют спектроскопические методы. Спектры поглощения можно получить с помощью спектрального окуляра, помещенного на место обычного окуляра бинокулярного стереоскопического микроскопа, геммологического спектроскопа с дифракционной решеткой или с призмой («Рейнер», «Цейс» и др.), спектроскопических установок («Калтлихт») или спектрофотометров СФ-10, СФ-18, СФ-20, Бекман, Перкин и др. [1,30,35]. Для исследования спектров поглощения ограненных камней можно использовать спектрофотометр СФ-18, оснащенный интегрирующим шаром с дифракционным устройством, разработанным Б. Г. Гранадчиковой.

Количественные характеристики цвета можно получить колориметрическими методами. Для наглядного изображения цвета применяется диаграмма цветности, принятая Международной комиссией по освещению (МКО) в 1931 г. Положение минерала на диаграмме определяется после колориметрического или спектроскопического исследования.

Различие в природе окраски ювелирных камней одного и того же цвета позволило использовать при их диагностике дихроматические светофильтры, пропускающие узкие полосы света в красной (690 нм) и желто-зеленой (570—630 нм) областях. Впервые они были применены в 1934 г. Лондонской торговой палатой и получили название «фильтры Челси» или «изумрудная лупа». Последнее наименование объясняется их частым использованием при диагностике изумрудов. Изумруды одних месторождений (Колумбия) имеют под фильтром, как правило, ярко-красный цвет, а других (СССР, Индия) — зеленый. Цвет

искусственно выращенных изумрудов под фильтром либо красный (у раствор-расплавных), либо зеленый (у гидро-термальных). Красный цвет под фильтром и у таких камней зеленого цвета, как александрит (природный и синтетический), мтородит, облагороженные халцедон и жадеит, синтетический зеленый и с александритоподобной окраской корунд. Бледно-красную или розовую окраску могут иметь под фильтром Челси авантюрин, демантоид, гидденит, циркон и флюорит. Не меняют цвета аквамарин, хризопраз, энстатит, жадеит, хризолит, сапфир, турмалин (за исключением Сг-содержащего турмалина). Может изменяться цвет под фильтром Челси и у ряда синих камней: красными становятся темно-синие стекла, коричневыми — лазурит, содалит, синяя природная и синтетическая шпинель. В то же время голубые камни — аквамарин, природный и синтетический сапфир, циркон имеют под фильтром Челси голубовато-зеленый цвет [50].

При диагностике ювелирных камней, твердость которых не превышает 5 (по шкале Мооса), можно использовать цвет черты, которую оставляет минерал на бисквите — белой фарфоровой пластинке. По цвету черты можно отличить некоторые минералы от их имитаций. Так, цвет черты у гематита вишнево-красный, у малахита и хризоколы — зеленый, у лазурита — голубой.

Большое значение для диагностики ювелирных камней имеет плеохроизм, связанный с различием спектров поглощения вещества для лучей, имеющих разное направление и поляризацию. Отчетливый плеохроизм — различный цвет или различные оттенки одного цвета — характерен для таких ювелирных камней, как бериллы (изумруд, аквамарин, гелиодор и др.), кианит, кордиерит (синоним — дихроит), корунды (рубин, сапфиры), сподумен (кунцит, гидденит), турмалин, бенитоит, андалузит, аксинит, эпидот, титанит и др. У некоторых камней плеохроизм настолько сильный (турмалин, австралийские сапфиры), что его можно наблюдать визуально. Однако в большинстве случаев для обнаружения плеохроизма необходимо исследование под поляризационным микроскопом или дихроскопом Хайдингера, который представляет собой трубку с вмонтированными в ней кристаллом кальцита, окуляром и объективом. В настоящее время применяются также фильтродихроскопы с двумя поляризационными фильтрами в виде тонких пластинок.

Весьма важная константа любого ювелирного камня —

показатель преломления (табл. 1). Для его определения используют иммерсионный метод, методы призм, прямого измерения и др. При диагностике обработанных камней наиболее эффективно применение геммологических рефрактометров. Впервые такой рефрактометр был создан Дж. Смитом в 1906 г. В большинстве зарубежных рефрактометров («Рейнер», «Дайэлдекс», «Топкон») используются рабочие полушария из синтетической шпинели (показатель преломления $n=1,72$) или стекла ($n=1,8$), что позволяет определять показатели преломления соответственно до 1,7 и 1,8 (с точностью до 0,01). В настоящее время выпускаются модели рефрактометров с рабочими полушариями из фианита и фабулита (титаната стронция), позволяющие расширить область определения до 2,1 и 2,4 соответственно. При отсутствии рефрактометров показатели преломления определяются с помощью бинокля и некоторых приспособлений.

Таблица 1 Показатели преломления ювелирных камней *

Название камней	Показатели преломления		
	$n_g(n_o)$	$n_m(n)$	$n_p(n_e)$
Флюорит		1,432—1,434	
Содалит		1,438—1,487	
Обсидиан		1,48—1,51	
Тугтупит	1,495—1,496		1,499—1,502
Поллуцит		1,504—1,527	
Канкринит	1,507—1,528		1,491—1,503
Петалит	1,516—1,523	1,509—1,521	1,503—1,510
Томсонит	1,516—1,545	1,509—1,533	1,497—1,530
Амазонит	1,521—1,539	1,518—1,533	1,514—1,539
Лунный камень:			
адуляр	1,522—1,539	1,522—1,533	1,518—1,528
олигоклаз } беломорит }	1,536—1,549	1,529—1,542	1,525—1,538
Нефелит (элеолит)	1,526—1,547		1,526—1,542
Солнечный камень:			
санидин	1,526	1,524	1,518
авантюриновый шпат	1,530	1,526	1,522
олигоклаз	1,536—1,549	1,529—1,542	1,525—1,538
Кордиерит	1,527—1,578	1,524—1,574	1,522—1,538

* Приведены данные для минералов, подробное описание которых в книге не дается; для подробно рассмотренных в книге минералов значения показателей преломления приведены в тексте.

Продолжение табл. 1

Название камней	Показатели преломления		
	$n_g(n_o)$	$n_m(n)$	$n_p(n_e)$
Апофиллит	1,53—1,54		1,533—1,54
Серпентин	1,545—1,571	1,566—1,570	1,532—1,569
Лепидолит	1,554—1,587	1,551—1,585	1,525—1,548
Аугелит	1,588—1,590	1,574—1,577	1,570—1,574
Агальматолит	1,596—1,601	1,586—1,589	1,534—1,556
Амблигонит	1,598—1,616	1,605—1,608	1,578—1,594
Мелифанит	1,610—1,613		1,591—1,593
Колеманит	1,614	1,592	1,586
Хондродит	1,621—1,646	1,602—1,627	1,592—1,615
Одонтолит	1,628—1,675	1,602—1,656	1,579—1,616
Гамбертит	1,628—1,631	1,589—1,590	1,553—1,554
Целестин	1,631—1,635	1,624	1,622—1,625
Волластонит	1,631—1,653	1,628—1,650	1,616—1,640
Пектолит	1,632—1,645	1,605—1,615	1,595—1,610
Пренит	1,632—1,669	1,615—1,642	1,611—1,632
Гемиморфит	1,636—1,638	1,617—1,618	1,614—1,615
Данбурит	1,636—1,651	1,633—1,648	1,630—1,646
Лазулит	1,637—1,673	1,633—1,663	1,604—1,635
Андалузит	1,638—1,650	1,633—1,644	1,629—1,640
Диоптаз	1,644—1,658		1,697—1,709
Фриделит	1,653—1,644		1,623—1,629
Энстатит	1,658—1,680	1,653—1,671	1,650—1,665
Датолит	1,666—1,670	1,649—1,658	1,621—1,626
Силлиманит	1,673—1,683	1,658—1,662	1,654—1,661
Везувиан	1,674—1,761		1,655—1,750
Корнерупин	1,674—1,699	1,673—1,696	1,661—1,682
Дюмортьерит	1,683—1,723	1,677—1,722	1,659—1,686
Аксинит	1,684—1,704	1,681—1,701	1,674—1,693
Магнезиоаксинит	1,668	1,650	1,610
Виллемит	1,691—1,714		1,719—1,732
Тафеит	1,721—1,736		1,717—1,727
Тсаворит		1,731—1,732	
Пироксмангит	1,744—1,764	1,728—1,750	1,726—1,748
Родолит		1,745—1,761	
Ставролит	1,751—1,761	1,745—1,753	1,739—1,747
Пьомонтит	1,76—1,82	1,75—1,80	1,73—1,79
Азурит	1,836—1,838		1,730
Смитсонит	1,848—1,849		1,621
Шеелит	1,918—1,920		1,934—1,937
Пурпурит	1,920	1,860	1,850
Касситерит	1,94—2,00		2,01—2,10
Титанит	1,943—2,110	1,870—2,040	1,843—1,905
Рутил	2,009—2,616		2,895—2,903
Сфалерит		2,36—2,47	

Одним из основных диагностических признаков является двупреломление, которым обладают минералы

средней и низшей сингоний. Оптически изотропны минералы кубической сингонии (алмаз, шпинель, гранаты, гидрoгросуляp, лазурит, содалит, поллцит, флюорит, сфалерит), синтетические материалы (фианит, фабулит, ИАГ, ГГГ, шпинель, периклаз), природные (например, обсидиан) и искусственные стекла, смолы (янтарь и др.), твердые гели. Однако и в них иногда наблюдается аномальное двупреломление в связи с упругими внутренними напряжениями, возникающими из-за наличия минералов-включений, неравномерного распределения примесей и т. д. В обработанных камнях двупреломление можно наблюдать с помощью стереоскопических поляризационных микроскопов (МПС-1, МПС-2 и др.) или полярископов.

Показатели преломления минералов могут иметь неодинаковое значение для света с различной длиной волны. Дисперсия показателей преломления обуславливает разложение белого света при прохождении его через камень и определяет «сверкание» («игру») ювелирного камня. Определяется величина дисперсии теми же методами, что и показатели преломления. Приведем дисперсии показателей преломления некоторых ювелирных камней.

Рутил 0,250	Везувиан 0,019
Сфалерит 0,156	Сингалит 0,018
Касситерит 0,071	Корнерупин 0,018
Алмаз 0,062 (0,044)	Содалит 0,018
Демантоид 0,057	Корунд (рубин, сапфир) 0,018
Топазолит 0,057	Сподумен (кунцит, гидденит) 0,017
Титанит 0,051	Данбурит 0,017
Бенитоит 0,046 (0,044)	Гердерит 0,017
Циркон 0,039 (0,139)	Турмалин 0,017
Шеелит 0,038	Кордиерит 0,017
Диоптаз 0,036 (n_e); 0,028 (n_o)	Скаполит 0,017
Смитсонит 0,031 (n_e); 0,014 (n_o)	Андалузит 0,016
Виллемит 0,027	Эвклаз 0,016
Тсаворит 0,027	Фенакит 0,015
Лейкогранат 0,027	Гамбергит 0,015
Гессонит 0,027	Силлиманит 0,015
Альмандин 0,027	Хризоберилл (александрит) 0,015
Спессартин 0,027	Берилл (изумруд, аквамарин, гелиодор, гошенит, биксбиит и др.) 0,014
Родолит 0,026	Бразилианит 0,014
Ставролит 0,023	Топаз 0,014
Пироп 0,022 (0,017)	Целестин 0,014
Кианит 0,020	Кварц (аметист, цитрин, горный хрусталь и др.) 0,013
Шпинель 0,020	
Хризолит 0,020	
Танзанит 0,019	
Тафеит 0,019	

Апатит 0,013
Поллуцит 0,012
Полевые шпаты (лунный и сол-

нечный камень, лабрадор, амазонит и др.) 0,012
Канкринит 0,010
Флюорит 0,007

Блеск камней тесно связан с показателями преломления. Если у минерала показатель преломления равен 1,3—1,9, то их блеск стеклянный, 1,9—2,5 — алмазный, 2,5—3,0 — полуметаллический или металловидный, более 3 — металлический. У некоторых минералов наблюдается жирный и восковой блеск, матовые поверхности, а также перламутровый или шелковистый отлив.

Большинство ювелирных камней имеет стеклянный блеск, реже алмазный (алмаз, демантоид, циркон, эвклаз) и металловидный (гематит). Восковой блеск у тонкозернистых и скрытокристаллических агрегатов (бирюзы, нефрита, агальматолита, халцедона). Жирный блеск отмечается на неровных сколах у фенакита, хризоберилла, хризолита, циркона. Блеск минералов определяют на глаз, а также по значениям измеренных показателей преломления или отражения. Для диагностики ювелирных камней по величине отражения используется прибор под названием «магический глаз».

При диагностике ювелирных камней одним из свойств, позволяющих получить дополнительную, а в ряде случаев весьма важную информацию, является люминесценция, наиболее часто возникающая под действием ультрафиолетовых лучей. Источником излучения могут служить ртутные лампы ПРК-4, СДВ-120А, СВДШ-1000 и др. со светофильтрами УФС-1, УФС-3, УФС-6 и др. в установках ОИ-18 и др., а также приборы типа UVSL-21, UVSL-25, Black Ray Mineralight, Ultraviolet Viewing Cabinet и др. Цвет определяют в затемненном помещении. Для получения спектров можно использовать спектрометры СДП-1 и СДП-3 с решеточными монохроматорами МДР-24 и МДР-23, светосильный стеклянный спектрометр ИСП-51 и др. Ниже приводится цвет люминесценции различных минералов под действием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 365 нм (правая колонка) и 254 нм (левая колонка).

Цвет люминесценции ювелирных камней

Белый

Алмаз, воробьевит (morganit), жадеит, жемчуг, колеманит, опал, сапфир, серпентин, флюорит, янтарь

Дюмортьерит, жемчуг, опал, смитсонит, флюорит, шеелит, янтарь

Красный, розовый

Александрит, аксинит, апатит, беморит, гамбергит, гексагонит (тремолит), изумруд, кианит, коралл, лазурит, лунный камень, опал огненный, поллуцит, родонит, родохрозит, рубин, сапфир, силлиманит, скаполит, смитсонит, содалит, сфалерит, тугтупит, фриделит, шпинель

Александрит, алмаз, изумруд, лунный камень, опал огненный, родохрозит, рубин, сапфир, скаполит, смитсонит, содалит, сфалерит, тугтупит, шпинель

Оранжевый, коричневый

Агальматолит, алмаз, амблигонит, гамбергит, гексагонит (тремолит), гидденит, диоксид, кунцит, лазурит, лейкосапфир, лунный камень, нефелин, пектолит, петалит, поллуцит, пренит, сапфир, скаполит, смитсонит, содалит, топаз, тсаворит, тугтупит, циркон, шпинель

Алмаз, амблигонит, андалузит, диоксид, сапфир, топаз, тугтупит, циркон

Желтый

Алмаз, виллемит, волластонит, кунцит, опал огненный, пектолит, скаполит, смитсонит, топаз, тремолит, флюорит, фриделит, целестин, циркон, янтарь

Алмаз, топаз, турмалин желтый и коричневый, флюорит, хондродит, циркон, янтарь

Зеленый

Александрит, алмаз, амазонит, апатит, бирюза, варисцит, виллемит, волластонит, гердерит, данбурит, жадеит, жемчуг, изумруд, опал, серпентин, тафеит, топаз, тремолит, фенакит, флюорит, фриделит, шпинель, янтарь

Александрит, алмаз, андалузит, опал, топаз, флюорит, янтарь

Голубой, синий

Алмаз, апатит, бирюза, воробьевит (morganit), данбурит, диоксид, жадеит, лунный камень, нефелин, сапфир, фенакит, флюорит, целестин, янтарь

Алмаз, амблигонит, бенитоит, данбурит, датолит, диоксид, дюмортьерит, жемчуг, рубеллит, смитсонит, флюорит, шеелит, янтарь

Фиолетовый

Алмаз, апатит, воробьевит (морганит), гердерит, кварц розовый, коралл, смитсонит, содалит, фенакит, хромдиопсид

Алмаз, воробьевит (морганит), дюмортьерит, родохрозит, скаполит

Главнейшее диагностическое свойство ювелирных камней — твердость. Рекомендуется определять твердость камней под микроскопом, осторожно царапая рундистом камня по ровным участкам минерала-эталона или острожно царапая по рундисту обработанного камня карандашами твердости. Последние представляют собой стержни с заостренными кусочками минералов-эталонов по шкале Мооса (ниже везде в тексте приводятся значения твердости в единицах шкалы Мооса).

При определении необходимо учитывать анизотропию твердости у некоторых минералов: полярную, которая зависит от направления в пределах одной плоской сетки (грани), и ретикулярную, связанную с ретикулярной плотностью плоской сетки (грани) кристалла, изменяющейся на различных гранях. Анизотропия твердости характерна для алмаза, кианита, турмалина и многих других камней.

Твердость ювелирных камней по шкале Мооса (в скобках даны пределы изменения)

- 1 — Агальматолит (1—2); одонтолит (1,5—2)
- 2 — Хризоколла, янтарь (2—3); лепидолит (2—4); серпентин (2,5—3,5); гагат (2,5—4)
- 3 — Целестин (3—3,5); азурит, коралл, сфалерит (3,5—4); варисцит, жемчуг, малахит, родохрозит (3,5—4,5)
- 4 — Пурпурит, флюорит (4); колеманит (4—4,5); смитсонит, фриделит (4—5); тугтупит (4—6,5); кианит (4,5 до 7); волластонит, гемиморфит, пектолит, шеелит (4,5—5); апофиллит, аугелит (4,5—5,5)
- 5 — Апатит, диоптаз, обсидиан (5); гердерит, датолит, мелифанит, томсонит (5—5,5); амблигонит, бирюза, бразилианит, виллемит, канкринит, лазулит, титанит, тремолит, чароит, энстатит (5—6); опал (5—6,5); содалит (5,5—6); гематит, диопсид (хромдиопсид), лазурит, нефелин, родонит (5,5—6,5)
- 6 — Клиногумит, пироксмангит, скаполит (6); амазонит, лабрадор, лунный камень, солнечный камень, бенитоит, петалит, пренит, хондродит (6—6,5); аксинит, везувиан (калифорнит), жадеит, касситерит, рутил, цоизит (танзанит, тулит), эпидот (6—7); гидрогроссуляр (трансваальский жад), сподумен — кунцит, гидденит (6—7,5); еремеевит, корнерупин, церулеит (6,5); демантоид, меланит, топазолит, поллуцит, сингалит, халцедон (сердолик, карнеол, сардер, хризопраз, сапфирин, плазма, гелиотроп, агат, оникс и др.), хризолит (6,5—7); андалузит, гессонит, уваровит, циркон (гиацинт), эвклаз (6,5—7,5)
- 7 — Кварц (аметист, горный хрусталь, цитрин, дымчатый, розовый, морион, авантюрин и др.), пьсомонтит, силиманит (7); альмандин, пироп,

родолит, спессартин, гроссуляр (лейкогранат, тсаворит), данбурит, кордиерит, ставролит, турмалин-рубеллит, дравит, ахроит, индиголит, верделит и др. (7—7,5); дюмортьерит (7—8,5); гамбергит (7,5); берилл — изумруд, аквамарин, аквамарин-максикс, воробьевит, гошенит, биксбиит, гелиодор и др. (7,5—8)

8 — Топаз, фенакит, шпинель (8); тафеит, хризоберилл — александрит, цимофан (8—8,5)

9 — Корунд — рубин, сапфир, лейкосапфир, цветные сапфиры (9)

10 — Алмаз (10)

Как дополнительное средство диагностики обработанных камней можно рекомендовать спайность. При диагностике необработанных минералов спайность выступает как одно из важнейших свойств. Степень совершенства спайности определяет характер изломов у минералов: ровный, ступенчатый, неровный, раковистый (конхоидальный), занозистый.

В некоторых минералах (корунде, титаните и др.) может наблюдаться отдельность, связанная с двойникованием, наличием блоков примесей, закономерно ориентированных в структуре кристаллов и т. д. Поверхности отдельности обычно ориентированы в одном направлении и очень редко идеально плоские. Плоскости спайности или отдельности в обработанных камнях можно обнаружить на дефектах полировки, сколах; иногда по ним образуются трещинки, параллельные или расположенные под определенным углом и заметные, как правило, под микроскопом.

Спайность ювелирных камней

Весьма совершенная: лепидолит {001}

Совершенная: азурит {001}, александрит {110}, алмаз {111}, амазонит {001}; {110}, амблигонит {001}, апофиллит {001}, аугелит {110} и {101}, бразилианит {010}, везувиан {110}, волластонит {100}, гамбергит {010}, гемиморфит {110}, диопсид {110}, диоптаз {1011}, канкринит {1010}, кианит {100}, колеманит {010}, лабрадор {0,01} и {010}, лунный камень {001} и {010}, мелифанит {001}, пектолит {100} и {001}, петалит {201}, пироксманит {110}, пьомонит {001}, пренит {001}; {110}, родохрозит {1011}, рутил {110}, серпентин {001}, скаполит {100}, силлиманит {110}; {001}, смитсонит {1011}, солнечный камень {001} и {010}, сподумен (кунцит, гиденит) {110}, ставролит {010}, сфалерит {110}, томсонит {010}, тремолит {110}, флюорит {111}, фриделит {0001}, топаз {001}, хромдиопсид {110}, целестин {010}, цоизит (танзанит, тулит) {010}, эвклаз {110}; {001}, эпидот {001}

Средняя и ясная: азурит {021}, аксинит {010}, андалузит {110}, апофиллит {110}, волластонит {001}, гамбергит {100}, диопсид {110}, дюмортьерит {100}, жадеит {110}, касситерит {110}, кордиерит {010}, корнерупин, малахит {001}, пурпурит, рутил {100}, серпентин {010}, содалит {110}, сподумен (кунцит, гиденит) {100}, титанит {110}, фенакит {1120}, хризолит {100} и {010}, хромдиопсид {110}, целестин {201}, чароит, шеелит {111}, энстатит {110}

Несовершенная и весьма несовершенная: апатит, бенитоит, берилл (изумруд, аквамарин, воробьевит и др.), виллемит, гранаты (пироп, аль-

мандин, спессартин, уваровит, гроссуляр, демантоид и др.), данбурит, кварц, корунд, лазулит, лазурит, нефелин, обсидиан, опал, поллуцит, тафеит, турмалин, хондродит, хризоберилл, циркон, шпинель, янтарь

В отдельных случаях при диагностике определяют плотность ювелирного камня. Существует достаточно много методов определения ее: массовые, объемные, иммерсионные, радиационные, рефрактометрические, аналитические и др. Наиболее удобен для определения плотности ювелирных камней метод уравнивания в тяжелых жидкостях. Он не требует разрушения материала и достаточно экспрессный. Для анализа используют бромформ CHBr_3 (плотность $2,89 \text{ г/см}^3$, хорошо смешивается со спиртом и бензолом), жидкости Туле $\text{HgI}_2 + 2\text{KI}$ (плотность $3,17 \text{ г/см}^3$, смешивается с водой в любых соотношениях) и Клеричи $(\text{CH}_2\text{COO})_2 \text{Ti}_2 + \text{HCOOTi}$ (плотность $4,27 \text{ г/см}^3$, разбавляется водой) и др. При работе сравнивают плотность анализируемого ювелирного камня и жидкости (исходной или с соответствующими разбавителями). Плотность разбавленной жидкости определяется по формуле $\rho = (V_1\rho_1 + V_2\rho_2) / (V_1 + V_2)$, где ρ_1 и V_1 — соответственно плотность и объем концентрированной жидкости; ρ_2 и V_2 — плотность и объем разбавителя. Ниже приводится зависимость между плотностью (ρ , г/см^3) и показателями преломления (n) жидкости Клеричи (по Вассару).

ρ	n	ρ	n
4,076	1,6761	3,184	1,5693
3,695	1,6296	3,114	1,5620
3,580	1,6154	3,024	1,5515
3,434	1,5990	2,884	1,5363
3,280	1,5815	2,692	1,5156

Кроме того, определять плотность жидкости можно с помощью весов Вестфала, денсиметров, индикаторов — стекол или кусочков минералов определенной плотности — или оптическим методом и др. Оптический метод основан на корреляции плотности и показателей преломления жидкости, которые можно измерить с помощью рефрактометра. Наиболее точные значения плотности получают методом гидростатического взвешивания.

Плотность ювелирных камней (г/см^3)

Янтарь 1,03—1,10
Гагат 1,3—1,4

Опал 1,9—2,3
Хризокolla 2,01—2,3

- Содалит 2,14—2,40
 Варисцит 2,20—2,57
 Томсонит 2,25—2,45
 Апофиллит, петалит 2,3—2,5
 Тугтупит 2,30—2,57
 Обсидиан 2,33—2,42
 Гамбергит 2,35—2,37
 Лазурит 2,38—2,45
 Бирюза 2,40—2,85
 Колеманит 2,42—2,44
 Канкринит 2,42—2,51
 Серпентин 2,44—2,70
 Скаполит 2,50—2,78
 Берилл (изумруд, аквамарин-максикс, гелиодор, воробьевит, гошенит, биксбит и др.) 2,50—2,90
 Кордиерит 2,53—2,78
 Чароит 2,54
 Амазонит 2,54—2,63
 Лунный камень:
 адуляр 2,54—2,63
 перистерит, беломорит 2,62—2,65
 Солнечный камень:
 авантюриновый шпат 2,55—2,63
 олигоклаз 2,62—2,65
 Нефелин 2,55—2,66
 Халцедон (и его разновидности) 2,57—2,64
 Коралл 2,6—2,7
 Жемчуг 2,6—2,7
 Мраморный оникс 2,6—2,8
 Одонтолит 2,64—3,10
 Кварц (и его разновидности) 2,65
 Агальматолит 2,66—2,90
 Лабрадор 2,69—2,72
 Аугелит 2,69—2,75
 Церулеит 2,7—2,8
 Пектолит 2,74—2,88
 Пренит 2,80—2,95
 Датолит 2,8—3,0
 Волластонит 2,80—3,09
 Лепидолит 2,80—3,30
 Поллуцит 2,85
 Тремолит 2,9—3,2
 Нефрит 2,9—3,3
 Турмалин 2,90—3,31
 Фенацит 2,93—3,00
 Гердерит 2,95—3,02
 Данбурит 2,95—3,03
 Бразилианит 2,98—2,99
 Мелифанит 3,00—3,03
 Сподумен (кунцит, гидденит), фриделит 3,0—3,2
 Энстатит 3,0—3,3
 Эвклаз 3,02—3,10
 Хондродит 3,06—3,26
 Лазулит 3,08
 Флюорит 3,10—3,25
 Апатит 3,10—3,35
 Цоизит (танзанит, тулит) 3,10—3,38
 Амблигонит 3,11—3,15
 Клиногумит 3,16
 Аксинит 3,18—3,36
 Хризолит 3,19—4,39
 Хромдиопсид 3,20
 Диопсид 3,22—3,38
 Силлиманит 3,25
 Жадеит 3,25—3,36
 Корнерупин 3,27—3,45
 Диоптаз 3,28—3,35
 Титанит 3,29—3,56
 Еремеевит 3,30—3,31
 Везувиан 3,32—3,47
 Эпидот 3,35—3,49
 Гемиморфит 3,35—3,50
 Дюмортьерит 3,36—3,41
 Уваровит 3,40—3,80
 Родохрозит 3,40—3,70
 Родонит 3,40—3,76
 Тафеит 3,43—3,61
 Пьомонтит 3,45—3,52
 Гидрогроссуляр (трансваальский жад) 3,45—3,52
 Сингалит 3,47—3,50
 Лейкогранат 3,50—3,51
 Топаз 3,50—3,57
 Шпинель 3,50—3,70
 Гессонит 3,50—3,75
 Хризоберилл (александрит, цимофан) 3,50—3,84
 Сфалерит 3,50—4,2
 Алмаз 3,51—3,52
 Пироп 3,51—3,78
 Кианит 3,53—3,68
 Малахит 3,6—4,6
 Гроссуляр 3,60—3,65
 Ставролит 3,60—3,83
 Пироксмангит 3,61—3,80
 Тсаворит 3,62
 Бенитоит 3,64—3,68
 Пурпурит 3,69
 Азурит 3,70—3,90
 Топазолит 3,75
 Родолит 3,79—3,93
 Демантоид 3,82—3,85
 Виллемит 3,89—4,20

Целестин 3,90—4,00
Корунд 3,90—4,10
Альмандин 3,94—4,30
Циркон (гиацинт) 3,95—4,80
Смитсонит 4,10—4,50

Спессартин 4,12—4,20
Рутил 4,20—4,40
Гематит 4,90—5,30
Шеелит 5,8—6,2
Касситерит 6,7—7,1

Для диагностики минералов можно использовать рентгеноструктурный и рентгеноспектральный анализы, а также рентгенолюминесценцию. После исследований К. Дёлтера, установившего, что ювелирные камни в различной степени пропускают рентгеновские лучи, для идентификации стала применяться рентгенография. В настоящее время для этой цели используются специальные установки (Multifacated X-Ray Diamond Penetrating Apparatus, Softex-Newtype). Прозрачны для рентгеновских лучей алмаз, гагат, фенакит и янтарь; почти прозрачен корунд; менее прозрачны андалузит, кунцит, опал, хризоберилл; просвечивающиеся — гессонит, флюорит, шпинель; почти непрозрачны бирюза, оливин, титанит, турмалин; практически непрозрачны альмандин, берилл, рутил, циркон, эпидот, стекла, имитирующие алмаз [50].

Различная теплоемкость алмаза, бирюзы, рубинов, сапфиров, изумрудов, природных и облагороженных, и их имитаций положена в основу тестеров. Может использоваться при диагностике некоторых ювелирных камней свойство их электризоваться при трении (янтарь), нагревании (турмалин, топаз) или механическом воздействии (кварц). При изучении камней применяется и электронный парамагнитный резонанс.

Не теряет своего значения метод непосредственного исследования камня под микроскопом (или лупой). Микроскопическое исследование камня с помощью бинокулярных стереоскопических микроскопов (МБС-1, МБС-2, МБС-9, Gemolite и др.) позволяет идентифицировать минералы и отличать природные камни от их синтетических аналогов на основе наблюдающихся в них включений, двойников, распределения окраски и других признаков, связанных с условиями образования.

Применение методов диагностики ювелирных камней должно проводиться в определенной последовательности. Это позволяет систематизировать наиболее распространенные камни в соответствии с их физическими свойствами. По этому принципу был построен «Определитель ювелирных и поделочных камней» [35].

Глава IV. 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. Достоинство и красота ювелирного камня особенно ярко проявляются после его обработки — «...после слияния камня с мастерством...», по образному выражению А. Е. Ферсмана.

Цветные камни начали обрабатывать очень давно. Украшения из лазурита, яшмы, бирюзы и других камней в виде отшлифованных и округленных пластин найдены при раскопках древних захоронений во многих странах. Из камней делали цилиндрические печати и амулеты с рисунками и знаками. Техника обработки цветных камней первоначально была очень простой: нужную форму придавали, обрабатывая камни мелким кварцевым (фивским) песком или песком из пемзы (ноздреватый камень) на каменной неподвижной плите, а затем более твердыми минералами наносили на них рисунки или надписи. В 2000—1800 гг. до н. э. обработка цветных камней усложнилась. Из них стали вырезать сложные печати и фигурки животных. Для крито-микенского периода характерны различные орнаменты. В I тыс. до н. э. появились геммы с изображениями животных, а позже мифических героев и богов. Вырезали их мелкими пloidками алмаза, вставленными в железные державки. Для изготовления гемм сначала использовали камни преимущественно группы кварца — оникс, карнеол, празем, яшму, агат, аметист и др. Позже (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.

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

мокрым мелким кварцевым песком. 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, далее камень шлифовали сначала 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.

Еще в глубокой древности в Индии было известно, что шлифовка граней кристалла алмаза позволяет улучшить его блеск и вид. Так, появилась простейшая огранка — «октаэдр»; для получения более сложной формы 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.

В XIII—XIV вв. в Европе появляются так называемые шлифовальные мельницы, на которых при помощи водяного привода вращали большие каменные шлифовальные диски для обработки камня, 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, Идар-Оберштейн и Прага. Г. В. Банк [6] 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 шлифовки алмаза стали применять алмазный порошок, что послужило толчком для дальнейшего развития искусства обработки драгоценных камней. Имен-

но в это время придворный ювелир бургундского герцога Людвиг ван Беркем впервые предложил огранку алмаза в форме «розы». Для получения алмазного порошка Беркем закреплял в специальном цементе два алмаза и тер их друг о друга; порошок наносили на металлический диск, который вращался в специальном станке для огранки алмазов. У бриллианта, имеющего форму розы, плоское основание, а на верхней части нанесены 12, 24 или 32 грани (фацеты), которые сходятся в центре, в вершине. Бриллианты с 12 гранями назывались «Розами д'Анвер», а с большим числом граней — «коронованными розами».

Крупными центрами огранки алмазов и поставки бриллиантов в XV—XVI вв. были Париж и Антверпен, а с середины XVII в. — Антверпен и Амстердам.

Приблизительно в 1600 г. в Париже была разработана полная бриллиантовая огранка алмаза, которая с некоторыми изменениями сохранилась до наших дней. При такой 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. Сейчас так гранят мелкие алмазы, получая бриллианты массой от 0,03 до 0,01 кар. Позже были разработаны более сложные формы бриллиантов — на обеих частях делали по 16 граней или 32 грани в верхней и 24 в нижней частях. Такие огранки соответственно назывались двойной и тройной (полной). В настоящее время алмазам придают следующие формы: «маркиз», «панделок», овальную, грушевидную, «бриолет», угловатую, «изумрудную», «каре» и др., а также классические формы (рис. 1, 2).

При бриллиантовой огранке верхняя часть камня называется коронкой или верхом, нижняя — низом или павильоном, плоская — таблицей или площадкой, а линия, отделяющая коронку от павильона, — рундистом. Грани павильона сходятся в одну точку — шип. Раньше вместо шипа делали маленькую площадку — калетту.

В 1938 г. М. Толковским была рассчитана «идеальная» форма огранки бриллианта (рис. 3). Верхняя часть бриллианта имеет высоту 0,144 от величины диаметра камня (D), диаметр площадки 0,53 D, угол наклона основных граней $40,75^\circ$. Общая высота бриллианта 0,6 D, а высота рундиста 0,01—0,02 D.

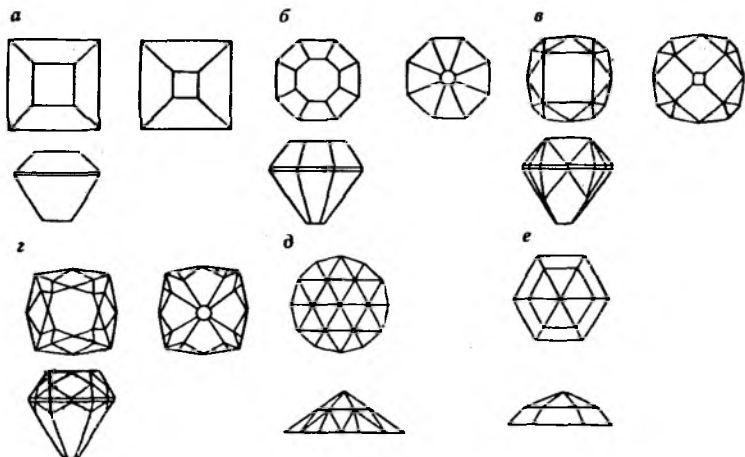


Рис. 1. Эволюция огранки алмазов:

a — октаэдр; *b* — старая ordinaria; *в* — «Мазарини»; *г* — «Перуцци»; *д* — голландская роза; *е* — антверпенская роза

В СССР применяют чаще всего практическую бриллиантовую огранку, которая позволяет наиболее рационально использовать алмазное сырье. 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. В табл. 2 даны основные параметры некоторых огранок.

На игру бриллианта влияют размер и число граней. Крупные камни изготавливают с большим числом граней, мелкие — с меньшим. Как правило, бриллианты массой

Таблица 2. Характеристика практических типов огранки, применяемых в ФРГ, и «идеальной» огранки М. Толковского

Тип огранки	Толщина рундиста, % от диаметра	Углы наклона основных граней к площади рундиста, градусы		Высота камня, % от диаметра			Диаметр площадки, % от диаметра	Соотношение высоты	
		низа	верха	верха	низа	общая		верха	низа
«Идеальная»	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	

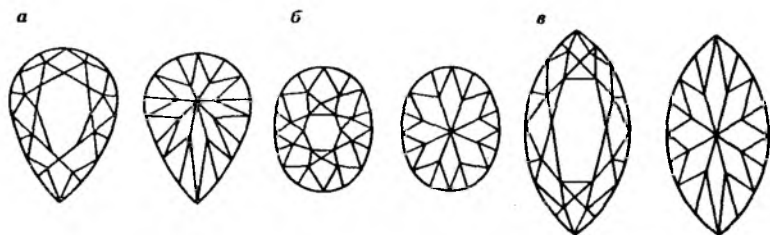


Рис. 2. Фантазийные формы огранки:
 а — грушевидная; б — овальная; в — «маркиз».

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. 4).

В последние годы зарубежными фирмами разработаны новые, более сложные формы огранки бриллиантов крупной формы, значительно усиливающие их игру. Так, для камней массой более 1 кар предложена огранка Хайлайт-Кат на 73 facets (вверху 41, внизу 32). Для более крупных бриллиантов применяют «королевскую» огранку с 86 facets (49 вверху и 37 внизу), а также «величественную» огранку с 102 facets (61 вверху и 41 внизу). Иногда выполняется спиральная огранка.

Форма бриллиантов может быть различной, но чаще всего она круглая. Для крупных кристаллов используют формы: «маркиз», грушевидную, овальную, багет, «изумрудную» и др. При огранке драгоценных камней решающее значение имеют оптимальные углы наклона граней павильона. Если они не оптимальны, то большая часть лучей пройдет через камень, не отражаясь от нижних граней, и блеск камня будет тусклым, а цвет бледным. Чем большее число лучей света выйдет из камня, тем сильнее он блесит и сверкает. Показатель преломления у различных цветных камней различный. Для каждого камня существуют свои критические углы наклона граней низа, которые определяются отношением (рис. 5),

$$n = \sin i / \sin r, \quad (1)$$

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

Когда луч света AB попадет из камня в воздух, углы падения и преломления могут меняться местами: мень-

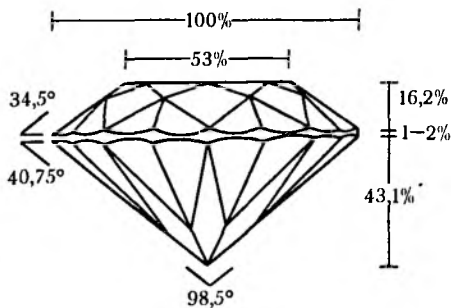
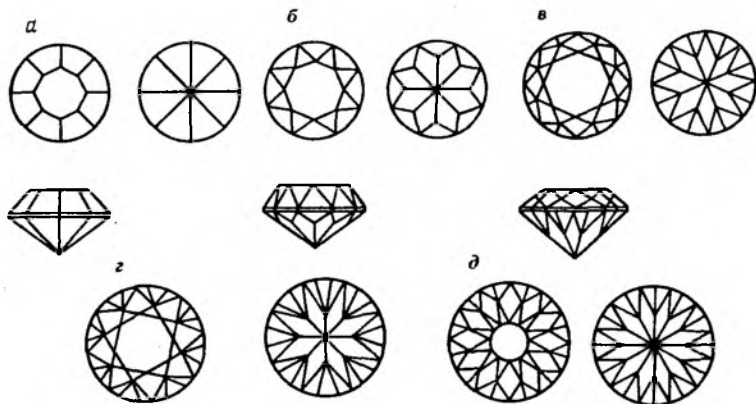


Рис. 3. Бриллиант
М. Толковского

Рис. 4. Современные
формы огранки:

a — простая (17 facets);
б — швейцарская (33); *в* —
полная (57); *г* — Хайлайт-
кат (73); *д* — королев-
ская (86).



шим становится угол падения r , большим — угол преломления i_1 . В результате формула (1) примет вид

$$\sin r_1 / \sin i_1 = 1/n. \quad (2)$$

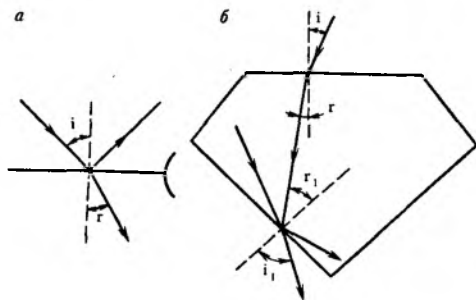
В этом случае при увеличении угла r_1 направление вышедшего из кристалла луча приближается (с увеличением i_1) к направлению поверхности камня и при некотором значении сольется с ней. При этом угол i будет равен 90° , а $\sin i = 1$. Тогда формулу (2) можно написать следующим образом:

$$\sin r_1 = \sin \theta = 1/n. \quad (3)$$

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

Рис. 5. Ход лучей в а

камне:
а — преломление; б —
полное внутреннее отражение



внутреннего отражения или критическим углом. Из 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 $90^{\circ}-65^{\circ}2'$, а для кварца эта область углов составляет только $49^{\circ}7'$.

Для того чтобы каждый раз не производить вычислений, пользуются номограммой Б. В. Витковского (рис. 6). Веерообразно расходящиеся радиусы на ней соответствуют углам падения световых лучей в воздухе на поверхность камня, вертикальные линии — углу преломления световых лучей в камне, concentрические 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 три (табл. 3).

Ювелирным камням при огранке придают различную форму. Исторически сложились определенные формы огранки ювелирных камней. Круглую бриллиантовую огранку чаще всего используют при обработке алмаза, горного хрусталя, циркона, турмалина, топаза, реже изумруда и рубина. Одиной или двойной розой гранят 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,

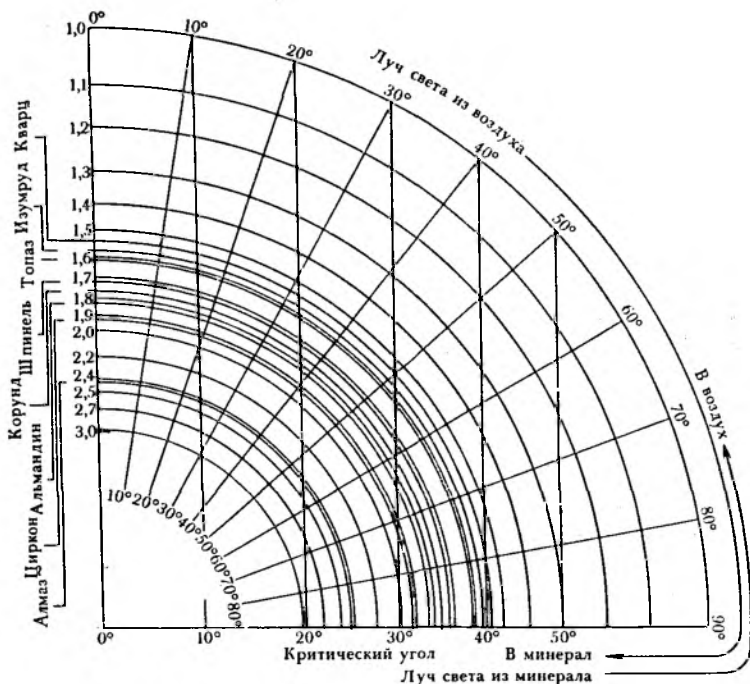


Рис. 6. Номограмма Б. В. Витковского

луного 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.

Обработка любого ювелирного камня включает ряд операций: предварительный осмотр и разметку; распиливание или раскалывание; обдирку (придание формы); огранку. Рассмотрим их подробнее.

Предварительный осмотр камня проводится для выбора наиболее оптимального способа его обработки с учетом дефектов, неравномерности окраски, возможной формы огранки и т. п.

Разметка цветных камней осуществляется таким образом, чтобы наиболее густоокрашенной была нижняя сторона ограненного камня. Линии распиливания или раскалывания намечают рапидографом; при этом необходимо учитывать, как лучше убрать дефекты камня в

Таблица 3. Показатели преломления, критические углы и пределы углов наклона граней павильона ювелирных камней [3]

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

процессе огранки. Операция по разметке камня весьма ответственная. Она требует большого опыта и знаний особенностей камня — его свойств, кристаллографического строения и т. д. Именно этот процесс обеспечивает получение камня с наилучшими цветовыми и качественными характеристиками.

Распиливанием или раскалыванием ювелирные камни разделяют на части, пригодные для последующей обработки. Раскалывание в настоящее время применяют реже распиливания, в основном при обработке алмазов искаженной формы или алмазов с дефектами, устраняемыми при раскалывании. Алмаз закрепляют специальным цементом на оправке, на ребре кристалла осколком алмаза наносят риску (черту), а затем с помощью специального ножа, вставляемого в риску, откалывают часть алмаза.

Распиливают алмазы по определенным плоскостям, не соответствующим направлениям раскалывания. Эти плоскости располагаются параллельно граням куба или ромбододекаэдра. Распиливают алмазы на специальном станке тонкими дисками из оловянисто-фосфористой бронзы, шаржированными алмазным микропорошком (рис. 13). Диаметр дисков 76 мм, толщина от 0,04 до 0,09 мм в зависимости от размера распиливаемого кристалла. Технологический процесс распиливания начинается с наклейки размеченных кристаллов специальной массой, состоящей из медицинского гипса и клея в пропорции 1:1. Затем кристалл ориентируют для совмещения

плоскости линии разметки с плоскостью распиловочного диска. Делается это визуально или с помощью микроскопа МБС-2, оснащенного специальным устройством. После этого производится подрез кристалла на глубину 1—1,5 мм и распиливание его. Нагрузка на алмаз при распиливании составляет, по данным В. И. Епифанова, А. Я. Песиной и Л. В. Зыкова, от 120 до 300 г в зависимости от массы кристалла (от 0,1 до 5 кар и выше) и толщины диска (от 0,05 до 0,08 мм). В настоящее время для распиливания алмаза широко применяются полуавтоматические станки. Цветные ювелирные камни распиливают на специальных станках при помощи тонких алмазных дисков с частотой вращения до 8000 мин^{-1} . Для охлаждения камня обязательно используют воду. Камень закрепляют в зажиме и вручную подают навстречу движению вращающегося диска. Обычно для распиливания цветных камней используют алмазные диски типа АОК диаметром 100 мм (АОК $100 \times 0,3 \times 5 \times 20$) с зернистостью алмазов 160/125 мкм и массой алмазов около 0,5 кар.

Обдирка выполняется для придания обрабатываемому камню предварительной формы. 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 также обдирают на специальных станках при помощи круга, армированного алмазами. Камень вращается с частотой $100—700 \text{ мин}^{-1}$, а алмазный диск — с частотой 3000 мин^{-1} . Диаметр диска 250 мм, зернистость алмазов 125/100 мкм, масса алмазов 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, грушевидной, «маркиз») камень обрабатывают специальным копиром.

Процесс огранки камня включает в себя две стадии: шлифовку, задачей которой является съем основной массы минерала, нанесение на поверхность обрабатываемого камня граней определенной формы, и полировку.

Операции *шлифовки* и *полировки* ювелирных камней — самые ответственные и наиболее трудоемкие. Шлифуют камни на специальных станках, оснащенных вра-

щающимся ограночным диском. При шлифовке алмазов применяют чугунные диски, шаржированные алмазным микропорошком зернистостью 5—7 мкм. Частота вращения дисков — до 4000 мин⁻¹. Алмаз закрепляют в приспособление «Кристалл», которое дает возможность поворачивать камень на требуемый угол. Вначале шлифуют и полируют верхнюю площадку, затем положение камня меняют и обрабатывают нижнюю часть камня; причем сначала шлифуют четыре основные грани под углом 40—42° к плоскости рундиста, а потом четыре угловые грани и клинья на гранях низа. После обработки нижней части камня шлифуют и полируют 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 частоту вращения до 2500 мин⁻¹. Обрабатывают камни на алмазном круге типа А1-ПВ диаметром 140 мм. Камень приклепляют мастикой к державке, которую закрепляют в квадранте с угловым конусом и шайбой с делениями. Сначала шлифуют площадку, затем грани низа камня и верхнюю часть. Для шлифования используют алмазные круги с зернистостью алмазов 60/40 мкм, которые постоянно омывают водой, а для полировки — круги, армированные алмазами зернистостью 7/5 мкм и охлаждаемые веретенным маслом. Некоторые камни полируют на оловянных или свинцовых дисках, применяя оксид хрома, трепел и другие «мягкие» абразивы.

Камни непрозрачные или со значительными дефектами гранят в форме кабошонов. Это можно делать вручную, постепенно изменяя угол наклона державки. Высота правильного кабошона должна быть равна радиусу камня. Если высота больше, то кабошон относится к типу высоких, а если меньше — к типу плоских. Для усиления прозрачности камней иногда делают вогнутую площадку. Встречаются выпуклые кабошоны, а также камни со смешанной огранкой. В последние годы обработка камней выполняется 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, обмывают спиртом и просушивают. Далее производят оценку камней по массе, форме, цвету, группам порочности в соответствии с техническими условиями и упаковывают в бумажные пакеты, на которых пишут название камня, их количество, общую массу, цену за 1 кар.

Бриллианты по форме делятся на круглые (17, 33 или 57 граней), «маркизы» (55 граней), грушевидные (56 граней), «изумруды» (57 граней), «багет трапециевидные» 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: малые (до 0,29 кар включительно), средние (от 0,3 до 0,99 кар) и крупные (более 1 кар).

Техническими условиями предусмотрена классификация бриллиантов по группам дефектности. Мелкие бриллианты с 17 или 33 гранями подразделяются на пять групп дефектности, с 57 гранями — на восемь, а средние и круглые — на одиннадцать.

Цвет бриллиантов определяют согласно 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. 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 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 делятся на три, а кабошоны на две группы.

При огранке изумрудам придают преимущественно форму «изумруд», но допустимы и другие формы (рис. 7). 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, обрабатывают их и в виде ка-

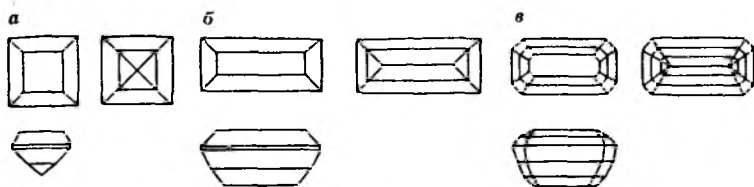


Рис. 7. Формы огранки изумруда:

а — каре; б — прямоугольная; в — изумрудная

бошонов. 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. Согласно требованиям ОСТА к ограненным полудрагоценным камням в СССР 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 должны быть ровные и четко ограничивать 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 делают вставки, в соответствии с ОСТом делятся на четыре группы: I группа — доломит, змеевик, лиственит, мраморный оникс, офиокальцит, родусит, хибинит; II группа — беломорит, джеспилит, кахолонг, розовый кварц, кремнь декоративный, обсидиан, пегматит графический, роговик, яшма; III группа — агат-переливт, амазонит, лабрадорит иризирующий, родонит, халцедон цветной; IV группа — 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.

* К IV группе относится чароит.

Размерность вставок из поделочных цветных камней определяется суммарной величиной, полученной от сложения двух взаимно перпендикулярных линейных осевых размеров плоскости основания вставки. На лицевой поверхности вставок не допускаются сколы и раковины, трещины, угрожающие целостности камня, блеклая невыразительная окраска. Лицевая поверхность камня должна быть зеркально блестящей, равномерно прополированной, без видимых невооруженным глазом царапин и следов обработки.

Глава V. ПРИРОДНЫЕ ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

АЛМАЗ

Свойства алмаза. Этот удивительный минерал известен людям уже около 5 тыс. 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. *ἀδάμαξ* (адамас) — неодолимый, несокрушимый.

В Древней Индии алмазам приписывали магические свойства, поэтому сведения об их 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 датируется V в. до н. э. Плиний Старший в «Естественной истории» описал некоторые свойства алмаза, причем наряду с правильными представлениями об его твердости, спайности, блеске и прозрачности он приводит некоторые фантастические, выдуманные.

На Руси слово «алмаз» впервые упомянуто в книге Афанасия Никитина (?—1472 г.) «Хождение за три моря». 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 [29] приводит ряд примеров из средневековых представлений об алмазе: «Алмаз укрощает ярость и сластолюбие, дает воздержание и целомудрие». 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 настра-

ивает его на веселый лад... Алмаз, привязанный к руке женщины, помогает ей разрешиться от бремени, стоняет 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 [26] и др. Алмаз кристаллизуется в гексоктаэдрическом классе симметрии кубической сингонии. В его кристаллической решетке атомы углерода 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, удлиненные 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 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.

Для алмаза характерны кривогранные формы (рис. 14): октаэдроиды, додекаэдроиды, гексаэдроиды, тетраэдроиды, на гранях которых наблюдаются параллельная, вальцеобразная или сноповидная штриховки, микрослоистость, 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. Внутреннее строение монокристаллов алмаза чаще зональное или волокнистое, устанавливается невооруженным глазом или специальными исследованиями. Распространены и пластически деформированные кристаллы. Детально изучая морфологию и внутреннее строение кристаллов алмаза, можно восстановить историю его образования.

Кроме монокристаллов, алмазы часто образуют закономерные и не закономерные сростки. Первые разделяются на двойники и параллельные сростки. Двойникование у алмаза происходит по шпинелевому закону. Среди двойников сростания 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. 15). Незаконномерные сростки весьма типичны для алмаза. Срастаться могут два-три индивида различной или одинаковой величины или множество индивидов, образующих различные поликристаллические агрегаты. Выделяют несколько их разновидностей: борт, баллас и карбонадо.

Борт — это мелкозернистые неправильной формы агрегаты беспорядочно ориентированных кристаллов, различимые невооруженным глазом или под микроскопом (рис. 16). Темная окраска объясняется присутствием графита. Выделения борта могут достигать нескольких сотен граммов. Борт встречается практически на всех месторождениях алмазов. В технике бортом часто называют низкокачественные алмазы с большим числом трещин и включений, монокристаллы алмаза пониженного качества и агрегаты.

Разновидность алмазов карбонадо была обнаружена в 1813 г. Название получила от португ. «*carbonados*» — карбонатизированный. Карбонадо представляют собой скрытокристаллические образования из разупорядоченных индивидов алмазов размером 5—10 мкм, иногда в них присутствуют аморфный углерод и графит. Форма образований неправильная, угловатая или округлая. Они непрозрачны, имеют темно-серый, черный, зеленоватый, серый и коричневый цвета, блестящую, эмалевидную, антрацитоподобную или матовую шлаковидную поверхность (рис. 17). Обычно их масса 0,1—1 кар, но встречаются и более крупные. Так, в 1825 г. в Бразилии был найден камень массой 3167 кар. Карбонадо обнаружены также в Венесуэле, Южной и Центральной Африке. Карбонадо обладают очень большой прочностью, поэтому они используются для изготовления коронок, предназначенных для бурения особо твердых горных пород. Применяется карбонадо и для правящего инструмента. В Африке встречена разновидность карбонадо с магнитными свойствами, называемая стюартитом. Его магнитные свой-

ства обусловлены большим числом включений магнетита.

Балласы, дробеобразный борт, алмазы Кунца — под таким названием известны поликристаллические образования округлой, овальной или грушеобразной формы с радиально-лучистым строением кристаллитов размером 10—200 мкм. Диаметр агрегатов колеблется от нескольких миллиметров до 20 мм, реже более. Известны находки балласов массой до 75 кар. Балласы могут быть непрозрачными, полупрозрачными или просвечивающими, с сильным блеском или матовые, бесцветные, серые, черные или зеленоватые (рис. 18). Встречаются они в Бразилии, Южной Африке, в СССР. Применяются в буровых коронках.

В последние годы обнаружена новая разновидность поликристаллических образований алмаза ударно-взрывного происхождения. Такие алмазы приурочены к своеобразным кольцевым воронковидным 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, как правило, 1—2 мм, размер кристаллитов — 20—40 мкм. Алмазы непрозрачные, черные, желтоватые или зеленоватые. Строение их слоистое или волокнистое. При рентгеновских исследованиях агрегатов, помимо алмаза, устанавливаются другие модификации углерода: графит, лонсдейлит и карбин.

Высокая твердость и износостойкость алмазов обуславливают его широкое применение в технике. Твердость алмаза — 10, самая высокая среди всех минералов; микротвердость (в МПа) — 93 157—98 648. Однако у алмаза наблюдается анизотропия твердости, выражающаяся в том, что на разных гранях и в различных направлениях твердость несколько отличается. Наименее износостойчивыми 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, но ниже, чем кубических. Износостойкость алмазов колеблется в широких пределах, средняя ее величина 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.

Теоретическая плотность алмаза 3,515 г/см³. Однако встречаются алмазы, у которых наблюдаются значительные отклонения от этой величины, что связано с наличием различных включений, трещин, пор, а также агрегативным строением. Наименьшую плотность имеют карбонадо (до 3,4 г/см³). Плотность балласов уменьшается от светлых разновидностей к темным. У монокристаллов с различным невооруженным глазом зональным строением — «алмазов в оболочке» и 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 сотых долях единиц плотности.

Алмаз имеет совершенную спайность по {111}, излом ровный, ступенчатый, раковистый. Модуль упругости алмаза равен 88 254 МПа, что объясняет деформацию алмаза при его воздействии на обрабатываемый материал. В связи с этим при алмазной обработке материалов удельное давление и температура должны быть в несколько раз ниже, чем при использовании других абразивов. Предел прочности на изгиб у алмаза 206—490 МПа, что в три-четыре раза меньше, чем у твердого сплава (1079—1471 МПа). Предел прочности алмазов при сжатии зависит от их формы и дефектности. В среднем он составляет 1961 МПа, что в 2 раза меньше предела прочности для твердых сплавов (3922—4903 МПа). Плотность на разрыв 7 746 740 МПа (теоретическая). Коэффициент сжатия алмаза и модуль сжимаемости в 4 раза меньше, чем у железа.

Алмаз состоит из углерода (96—99,8%). В качестве примесей в нем установлены в различных количествах (от $n \cdot 10^{-8}\%$ до 0,3%) более 25 элементов: Н, В, N, О, Na, Mg, Al, Si, P, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Sr, Ba, Zr, TR, Pt, Au, Ag, Pb и др.

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

оранжевого, зеленого, голубого, синего, розового, коричневого, молочно-белого, серого, черного цвета (рис. 19). Среди окрашенных алмазов большой известностью пользуются сапфиристо-синий алмаз «Хоуп» (масса 44,5 кар), голубого цвета «Королева Голландии» (136,5 кар), яблочно-зеленый «Зеленый Дрезден» (41 кар), желтые алмазы «Тиффани» (128,5 кар), «Красный крест» (205 кар), «Мун» (183 кар), «Иранский желтый» (183 кар), «Флорентиец» (132,2 кар), янтарно-желтый «Алмаз Альберта» (102 кар), розовый алмаз «Непал розовый» (72 кар), черные алмазы из Баии (350 кар) и «Орлов черный» (67,5 кар). Окраска алмазов связана с различными дефектно-примесными центрами в структуре кристаллов, а иногда — с включениями ряда минералов. Наиболее распространенная желтая окраска может иметь различное происхождение. Равномерная лимонно- или соломенно-желтая окраска прозрачных кристаллов октаэдрической или додекаэдрической формы обусловлена наличием дефектно-примесного центра N3 (интерпретируемого как донорно-акцепторная пара [N—Al] или три атома азота и вакансии), с которым связана система линий (головная 415 нм) в спектрах поглощения. Желтая, янтарно-желтая окраска прозрачных кристаллов кубического габитуса и периферийной зоны «алмазов в оболочке» связана с одиночными атомами азота, изоморфно замещающими в структуре алмаза атомы углерода. В таких алмазах наблюдается поглощение с 550 нм. Зеленые пятна пигментации, окрашивающие поверхность кристаллов в зеленоватый или голубоватый цвет, появляются в результате природного радиоактивного облучения. При нагревании в процессе метаморфизма они становятся желтыми. Желтые пятна пигментации наблюдаются на алмазах из древних россыпей.

Встречаются алмазы с синей и голубой окраской. Предполагают, что этот тип окраски обусловлен вхождением в структуру алмаза бора. Очень распространены дымчато-коричневые и реже розовато-сиреневые алмазы, окраска которых связана с дефектами 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 ак-

тивность. При температуре выше 450—500° С (микрочастицы) — 600—700° С (кристаллы) алмаз может окисляться кислородом, CO₂, NO, водяным паром. При температурах 600—800° С и выше кристаллы алмаза травятся в расплавах щелочей, кислородсодержащих солей и металлов.

Алмаз не смачивается водой, но прилипает к жировым смесям. Высокий показатель преломления (2,417) объясняет его яркий, алмазный блеск. Для лучей разного цвета показатель преломления неодинаков: для красного — 2,402; желтого — 2,417; зеленого — 2,427; фиолетового — 2,465. Таким образом, дисперсия показателя преломления алмаза — 0,063, что намного выше, чем у других минералов. Высокой дисперсией объясняется «игра» бриллиантов. «Это свет солнца, сгустившийся в земле и охлажденный временем, он играет всеми цветами радуги, но сам остается прозрачным, словно капля», — пишет А. И. Куприн в одном из произведений. Угол внутреннего отражения для алмаза при $n = 2,42$ составляет 24°51′.

Кристаллы алмаза оптически изотропны, однако довольно часто в них возникают упругие напряжения, приводящие к появлению аномального двупреломления. Узоры двупреломления могут быть различными [26]: полосчатыми, соответствующими зональному строению кристаллов или связанными с плоскостями скольжения; радиально-лучистыми, вызванными дислокациями роста кристаллов; звездо- и крестообразными, связанными с неравномерным распределением примесей; в виде изоклин, вызванных объемными напряжениями в алмазе; в виде фантомов, обусловленных напряжениями, направленными в разные стороны; вызваны включениями посторонних минералов; напоминающими рисунок соломенных ковриков (в алмазах II типа).

Под воздействием катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучей некоторые алмазы люминесцируют, что вызвано дефектами их структуры. Цвет люминесценции различен — от зеленого и желтого до голубого или синего. 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. Самая большая динамическая прочность у кристаллов с розовым свечением, ниже у кристаллов 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, ниже — у голубых, желтых алмазов, с розовым свечением и у несветящихся.

В 1934 г. Р. Робертсон, Дж. Дж. Фокс и А. Е. Мартин выяснили, что алмазы по физическим свойствам делятся на два типа. В 1959 г. В. Кайзер и В. Л. Бонд связали эти отличия с разным содержанием в них азота: в алмазах I типа оно достигает $\sim 0,25\%$, в алмазах II типа не превышает $0,001\%$. Алмазы I типа резко преобладают во всех месторождениях, однако в южноафриканских кимберлитовых трубках «Премьер», «Де Бирс» и «Финч», по данным Дж. Кастерса, много и алмазов II типа, а среди мелких кристаллов из трубки «Премьер», по подсчетам С. Толанского, они составляют до 90% от всей массы алмазов.

Алмазы I и II типа отличаются и по характеру поглощения в ультрафиолетовой и инфракрасной областях. Граница фундаментального поглощения в ультрафиолетовой области в алмазах II типа находится в пределах $220\text{—}225$ нм, а в алмазах I типа — $300\text{—}320$ нм.

В инфракрасных спектрах алмазов наблюдается двухфононное решетчатое поглощение в области $3\text{—}6$ мкм, связанное с температурным колебанием атомов углерода в решетке алмаза. В алмазах, содержащих различные дефектно-примесные центры, установлены системы поглощения А, B_1 , B_2 и С с соответствующими основными линиями (см^{-1}) — А — 1282, B_1 — 1175, B_2 — 1370, С — 1130.

Алмазы I и II типа отличаются и по своим электронным свойствам. При комнатной температуре алмазы являются диэлектриками, но среди алмазов II типа выделяется отдельный подтип IIб — алмазы, обладающие полупроводниковыми свойствами. При облучении ультрафиолетовыми лучами ($210\text{—}300$ нм) в алмазах появляется фотопроводимость, которая вдвое увеличивается при дополнительном одновременном облучении их инфракрасными лучами. При одинаковых условиях фотопроводимость алмазов II типа на порядок выше, чем I типа. Счетные свойства, проявляющиеся в этих фотопроводниках, используются в кристаллических счетчиках проводимости. При этом механизм счета алмазов I и II типа различный.

Алмаз характеризуется очень высокой теплопроводно-

стью. Она не одинакова при различной температуре. В интервале температур 20—1200 К теплопроводность алмаза выше теплопроводности меди. Линейное расширение алмазов при температуре 0—1400° С составляет 0,58%, коэффициент теплового расширения при 25° С равен $1,3 \cdot 10^{-6}$, а при 1400° С — $7 \cdot 10^{-6}$.

Физические свойства алмазов (цвет, твердость, электропроводность и др.) изменяются при их облучении: цвет становится синим, сине-зеленым, а при увеличении времени облучения — темно-зеленым и черным. Изменения в структуре алмазов приводят и к изменению механических свойств: на 20—40% увеличивается статистическая прочность, однако динамическая прочность уменьшается.

В зависимости от свойств алмазы делят на ювелирные и технические. К ювелирным относят прозрачные алмазы (бесцветные или с нацветом) с небольшим количеством дефектов. К техническим алмазам в зависимости от назначения предъявляются соответствующие требования. Технические алмазы низкого сорта и поликристаллические их разновидности обязательно проходят предварительную обработку с целью разделения их по форме и размерам, а также для выделения алмазов с более высокими значениями прочности. При этом алмазы дробят, овализируют, полируют, а также подвергают термической обработке и металлизации.

Добыча алмазов. До XVIII в. Индия была главным поставщиком алмазов. Их начали добывать здесь уже во II тысячелетии до н. э. Основной район добычи (Голконда) расположен в бассейнах рек Кришна, Пеннер и Годавари. Алмазы приурочены к песчаникам, конгломератам, пескам и галечникам. В Индии были найдены известные всему миру камни: «Кох-и-Нор», «Регент», «Орлов», «Дерианур», «Санси», «Шах», «Хоуп», «Флорентиец», «Зеленый Дрезден» и другие. Из Индии алмазы попадали в Грецию и другие европейские страны. После открытия богатых россыпей алмазов в Бразилии Индия утрачивает главенствующую роль в поставке алмазов. В настоящее время ежегодный объем добычи алмазов в 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 в 1714 г. крестьянином Ф. Машадо да Силва, 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 ювелиры, и в поселок, названный Диамантино, хлынули толпы алмазоискателей. Вскоре Бразилия вышла на первое место в мире по добыче алмазов. С увеличением добычи алмазов в Бразилии цены на них на мировом рынке 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 снизилась, а цены стабилизировались. В 1822 г. Бразилия стала независимым государством и частным лицам было разрешено разрабатывать месторождения. Это позволило расширить добычу и открыть новые алмазоносные площади. До 1850 г. в Бразилии добыто более 10 млн. кар алмазов.

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.

Алмазы из россыпей обнаружены в ряде районов Индонезии на о. Калимантан. Масса камней 0,25 кар, но иногда 10—20 кар.

В 1851 г. были найдены россыпи алмазов в Австралии, вначале в шт. Новый Южный Уэльс, а затем в штатах Квинсленд и Виктория. В 1975—1978 гг. здесь открыты богатые коренные месторождения — кимберлитовые трубки, освоение которых предполагается начать в ближайшее время. Здесь же открыты богатые месторождения алмазов нового типа, связанные с лампроитами.

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». В июле 1879 г. группа искателей обнаружила алмазы в породе голубоватого цвета, получившей название «кимберлит» от расположенного вблизи пос. Кимберлей. Это было первое в мире коренное месторождение алмазов, представляющее собой вертикальную воронкообразную трубу, заполненную изверженной породой зеленого цвета — кимберлитом, — бедной кремнеземом и богатой соединениями железа и магния. Основные породообразующие минералы кимберлита — оливин, пироп, диопсид, кальцит и др.

В 1897 г. коренные месторождения алмазов обнаружены 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 стала ведущей отраслью горной промышленности.

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 с. Промысел, в Гороблагодатском округе.

Первый алмаз на Сибирской платформе найден в 1948 г. С. Н. Соколовым. В 1949 г. разведочная партия Г. Х. Файнштейна выявила в Якутии россыпи промышленного значения. Коренные месторождения в Якутии открыты 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 найдены и другие алмазные трубки.

Ниже приводится динамика добычи алмазов за рубежом в последние 60 лет.

Годы	Добыча, млн. кар	Годы	Добыча, млн. кар	Годы	Добыча, млн. кар
1920	3,4	1944	11,76	1964	33,81
1924	3,85	1948	10,34	1968	36,0
1928	8,01	1952	18,69	1972	37,7
1932	6,06	1956	23,72	1976	36,0
1936	8,34	1960	27,7	1980	36,5
1940	13,04				

Из приведенных данных следует, что добыча алмазов за рубежом постоянно росла и стабилизировалась только в последние 15—17 лет. Извлечено 1300 млн. кар (более 260 т) алмазов, в том числе 365 млн. кар ювелирных. За 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 контролируется компанией «Де Бирс» (ЮАР), которая является владельцем ряда алмазодобывающих предприятий.

На рудниках компании ежегодно добывают более 12 млн. кар алмазов, в том числе 6 млн. кар ювелирных, причем объем добычи постоянно расширяется.

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 и распределяются следующим образом: в Заире — 550, ЮАР — 150, Ботсване — 110, Центральноафриканской Республики — 52, Гвинее — 51, Анголе — 45, Намибии — 35, Сьерра-Леоне — 31, Лесото — 30, Гане — 30, Индии — 25, Бразилии — 56, Венесуэле, Гайане и Колумбии — 102, Северной Америке — 50. 85% всех запасов приходится на страны Африки.

При сохранении современной добычи уровня мировых запасов алмазов хватит на 30 лет. В табл. 4 приведены сведения о наиболее крупных алмазах мира. Среди алмазов Якутии наиболее крупными являются (в кар): «XXVI съезд» (332), «Звезда Якутии» (232), «Революционер Иван Бабушкин» (171), «Великий почин» (135), «Большая Медведица» (114,5), «Мария» (106) и др.

Применение алмаза. Алмаз — драгоценный камень первого класса. Однако его сильный блеск и «игра» выявляются только после обработки. Еще в Древней Индии было известно, что шлифовка граней усиливает блеск и улучшает качество алмаза.

В Европе алмаз впервые был отшлифован Людвигом ван Беркемом в 1456 г. Однако некоторые считают, что это произошло гораздо раньше. Так, Е. Брутон пишет, что уже в 1330 г. в Венеции полировали грани алмазов, позже этой же технологией пользовались мастера Брюгге и Парижа. Вначале алмаз гранили в форме «поинт кат», при

этом грани октаэдра только притупляли, а площадка отсутствовала. Затем появилась огранка «тейбл кат» — таблитчатая (похожа на индийскую). Позже были разработаны огранка «роза», «старая простая огранка» с 18 гранями, «Мазарини» с 34 гранями и «Перуцци». Современная форма огранки появилась в 1910 г.

Таблица 4 Знаменитые алмазы мира

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

Ограниченные 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 модны при Екатерине II. Их вставляли в брелоки, застежки, табакерки, трости, украшали одежду, обувь и т. д.

Так же как и раньше, сейчас большая часть ювелирных алмазов идет на изготовление бриллиантов. Приблизительно до 1970 г. ведущая роль в этой области принадлежала Бельгии, затем центр производства бриллиантов переместился в Израиль (табл. 5).

Компания «Де Бирс», определяющая политику производства и продажи бриллиантов, до 1979 г. способствовала увеличению продажи алмазов Израиля и Индии, но в на-

стоящее время объем продажи 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. Цены на алмазы с 1960 г. возросли в 7 раз, а цена на бриллианты в среднем в 5,4 раза (в 1960 г. 1 кар стоил 109 дол., в 1978 — 572 дол.).

Таблица 5 Производство бриллиантов в различных странах (% от общего объема) и общее производство бриллиантов (млн. кар)

Годы	Страны						Общее производство бриллиантов
	Израиль	Бельгия	Индия	США	ЮАР	Прочие страны	
1960	22	59	0,5	5	4	9,5	3,0
1965	28	47	4	6	4	11	3,5
1970	27	35	17	10	5	6	5,4
1975	37	32	15	8	4	4	6,6
1978	—	—	—	—	—	—	10,3
1979	—	—	—	—	—	—	7,4

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 промышленности и приборостроении в качестве подшипников и подпятников, подвесок, призм, инденторов и пинетраторов, полупроводниковых приборов и теплоотводов 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 при доводке деталей и инструментов. В последние годы алмазы стали применять для резки и обработки строительного камня, керамики и др.

В 1978 г. за рубежом на технические цели израсходовано более 110 млн. кар алмазов, из них 70% синтетических. 35 млн. кар приходится на долю США. Предпо-

лагается, 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 их часть предварительно обрабатывают: дробят, округляют (овализируют), полируют, раскалывают и шлифуют, а затем из них изготавливают заготовки для резцов, сверл и т. п. В последние годы стали применять новые методы их предварительной обработки — металлизацию (покрытие тугоплавкими металлами), термическую обработку и др.

Идентификация бриллиантов. В ювелирной практике для имитации бриллиантов (табл. 6) издавна использовали различные прозрачные, бесцветные минералы — циркон, корунд, фенацит, топаз, гошенит, горный хрусталь или окрашенные — демантоид, титанит, сфалерит, шеелит и ряд других. В настоящее время для имитации алмаза применяются новые синтетические материалы — фианит, гадолиний-галлиевый и иттрий-алюминиевый гранаты, рутил, титанат стронция (фабулит), ниобат лития, шпинель, корунд (лейкосапфир) и некоторые другие. Синтетические ювелирные алмазы, о получении которых с 1955 г. время от времени сообщают те или иные фирмы, из-за огромной стоимости их производства не выходят пока из рамок экспериментов. Широко использовались долгое время как имитации бриллиантов «свинцовые стекла», а также дублеты и триплеты, но сейчас применение их упало в связи с получением довольно дешевых имитаций из синтетических материалов. Значительная разница в стоимости бриллиантов и их имитаций делает вопрос правильной диагностики очень важным.

Имитации алмаза можно разделить на две группы. К первой группе относятся имитации с высокими показателями преломления (выше 1,8, т. е. их нельзя измерить на рефрактометре) и дисперсией, а также с сильным алмазным блеском (синтетический рутил, титанат стронция, сфалерит, ниобат лития, фианит, ГГГ, ИАГ, титанит, демантоид и др.). Ко второй — имитации с довольно низкими показателями преломления (ниже 1,8, т. е. их можно измерить на рефрактометре), дисперсией и стеклянным блеском. Наиболее близки к алмазам по показателям преломления и дисперсии из минералов циркон и титанит, а из синтетических материалов — фианит и ГГГ.

Ряд диагностических приборов основан на определе-

Т а б л и ц а 6 Диагностические
распространенных имитаций

Название	Химическая формула	Сингония	Показатели преломления	Двупреломление
Алмаз	C	Кубическая	2,417	Часто аномально анизотропный
Рутил синтетический	TiO ₂	Тетрагональная	$n_o = 2,61 - 2,62$ $n_e = 2,90 - 2,97$	0,287
Титанат стронция (фабулит)	SrTiO ₃	Кубическая	2,41	Изотропный
Сфалерит	ZnS	То же	2,36—2,47	»
Ниобат лития	LiNbO ₃	Тригональная	2,21—2,31	0,09
Фианит	(Zr, Hf)O ₂	Кубическая	2,10—2,20	Изотропный
Гадолиний-галлиевый гранат (ГГГ)	Gd ₃ Ga ₂ [GaO ₄] ₃	То же	2,02—2,03	»
Титанит	CaTiO[SiO ₄]	Моноклиническая	$n_s = 1,943 - 2,110$ $n_m = 1,870 - 2,040$ $n_p = 1,843 - 1,950$	0,100—0,192
Циркон бесцветный	Zr [SiO ₄]	Тетрагональная	$n_o = 1,920 - 1,940$ $n_e = 1,970 - 2,010$	0,036—0,052
Шеелит природный и синтетический	CaWO ₄	Тетрагональная	$n_o = 1,918 - 1,920$ $n_e = 1,934 - 1,937$	0,016
Демантоид	Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃	Кубическая	1,888—1,889	Изотропный
Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ)	Y ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃	То же	1,832—1,843	Изотропный, иногда аномально анизотропный

нии отражательной способности (блеска), находящейся в связи со светопреломлением веществ по формуле Френеля: $[(n - 1)^2 / (n + 1)] 100$. Рефлектометры У. У. Ханнемана

признаки алмаза и его наиболее

Дисперсия	Блеск	Плотность, г/см ³	Спайность	Твердость	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
0,063 (0,044)	Алмазный	3,51	Совершенная по {111}	10	Голубой, желтый, зеленый, розовый, оранжевый
0,180—0,300	То же	4,25—4,32	Совершенная по {110}, средняя по {100}	6—7	Инертен
0,19—0,20	—»—	5,13—5,15	—	5,5—6,5	—»—
0,156	—»—	3,50—4,20	Совершенная по {110}	3,5—4	Оранжево-красный, красный
0,12—0,13	—»—	4,64	—	5,5	Инертен
0,059—0,065	—»—	5,5—6	—	7,5—8	Желтый, зелено-желтый, голубой
0,038	—»—	7,05	Несовершенная	6—7	Инертен, бледно-фиолетовый, розовый
0,051	Алмазный, жирный	3,29—3,56	Совершенная по {110}	5—6	Инертен
0,039	Алмазный	4,6—4,8	Несовершенная	7,5	Желтый
0,023—0,026; 0,038	Алмазный, жирный	5,9—6,16	Ясная по {111}	4,5—6	Ярко голубой, оранжевый, инертен
0,057	Алмазный	3,82—3,85	Несовершенная	6,5—7	Инертен
0,028	То же	4,57—6,69	То же	8—8,5	Голубоватый, бледно-фиолетовый и др.

(«Глаз ювелира», «Блескометр», «Алмазный глаз») предназначены специально для отличия алмаза от его высокопреломляющих имитаций.

Рефлектограф «*Gemprint*» позволяет отличить алмаз от имитаций по картинам отражения света гранями камней с различным внутренним строением и типом огранки. В ряде стран эта особенность заложена в сертификаты бриллиантов.

При правильной огранке алмаза весь свет, падающий на него через коронку, полностью отражается от граней павильона, и при просмотре бриллианта на свет видна только одна светящаяся точка в колетте. Из-за полного внутреннего отражения нельзя ничего увидеть через бриллиант. На различии критического угла у алмаза и имитаций основаны тесты «световой шпиль» и «световая передача». Высокий показатель преломления алмаза при просмотре его через площадку создает иллюзию значительно меньшей толщины камня, чем это на самом деле.

При диагностике бриллиантов широко используется определение оптического характера с помощью полярископа. Оптически анизотропны синтетический рутил, ниобат лития, титанит, циркон, шеелит, лейкосапфир, фенакит, топаз, берилл, горный хрусталь. Причем двупреломление у некоторых из этих имитаций столь высоко (рутил, ниобат лития, циркон, титанит), что можно наблюдать удвоение ребер нижних граней камня при просмотре его через площадку с помощью лупы или микроскопа. Алмаз — оптически изотропный минерал, однако довольно часто в нем наблюдается аномальное двупреломление, которое однако есть и у некоторых его имитаций (ИАГ, синтетической шпинели).

Основное отличие алмаза от имитаций — его непревзойденная твердость — 10. Это свойство определяет характерное только для бриллиантов наличие идеально плоских граней и острых ребер на стыке граней. На ряде имитаций (в том числе — фианите) ребра обычно слегка «заваленные» и присутствует вертикальная штриховка на рундисте.

Весьма важное свойство при диагностике алмазов — их плотность. Из наиболее распространенных имитаций близкую к нему плотность имеют только топаз, шпинель и, в некоторых случаях, титанит и сфалерит. Плотность остальных имитаций либо значительно выше плотности алмаза (рутил, титанат стронция, ниобат лития, ГГГ, циркон, шеелит, демантоид, ИАГ, корунд), либо ниже (фенакит, берилл, кварц). Плотность стекла колеблется в зависимости от содержания в нем свинца, у наиболее часто

применяемого в качестве имитации бриллианта свинцового стекла она равна $3,74 \text{ г/см}^3$. В связи с этим отличить алмазы, не закрепленные в изделия, от их имитаций весьма просто с помощью разбавленной жидкости Клеричи. Различие плотности алмаза и его имитаций приводит к тому, что при одном и том же размере масса бриллианта и имитаций будет различной (и наоборот), что помогает диагностике. Например, масса (кар) ограненного бриллиантовой огранкой камня одного и того же размера будет равна: алмаза — 1, титаната стронция — 1,45, ИАГ — 1,30, фианита — 1,60.

Дополнительными диагностическими свойствами могут служить спайность, люминесценция, поглощение в ультрафиолетовой и видимой областях, теплопроводность, смачиваемость жирами и др. Для определения некоторых из них сконструированы специальные приборы. Так, «*Diamond Probe*» позволяет быстро идентифицировать алмазы по их теплопроводности, во много раз превышающей теплопроводность имитаций. На свойстве алмаза смачиваться жирами основан «Алмазный карандаш» («*Gem Diamond Pen*»), снабженный фетровым концом и заправленный специальными чернилами, которые оставляют сплошную черту на поверхности алмаза и пунктирную — на большинстве имитаций с высокими (выше 1,8) показателями преломления. На степени смачиваемости поверхности основан и метод определения контактного угла.

Надежный метод идентификации алмазов — пропускание рентгеновских лучей. Алмаз, в отличие от большинства минералов, синтетических камней и стекол, прозрачен в рентгеновских лучах.

При диагностике алмазов следует учитывать и включения, различаемые в наиболее высококачественных бриллиантах только при значительном увеличении. Их состав связан с глубинным происхождением алмаза и является очень характерным. Для сингенетических включений характерны оливин, пироп, в том числе с высоким содержанием кноррингитовой молекулы $\text{Mg}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$, хромшпинелид, хромит, алмаз (более ранний), энстатит, диопсид, хромдиопсид, коэсит, пирротин, пентландит, рутил, ильменит, циркон и некоторые другие. Эпигенетические включения представлены гетитом, серпентином, графитом, гематитом, селлаитом, каолинитом, санидином и др. Встречаются иногда также включения, происхождение которых не совсем ясно, например: мусковит, флогопит, биотит,

кварц, магнетит, кианит. Однако наличие этих включений, особенно сингенетических, не встречаемых больше почти ни в одном ювелирном камне и поэтому помогающих при идентификации алмаза, отрицательно влияет на его стойкость (если они различимы с помощью 2—10-кратной, в зависимости от качества и размера бриллианта, лупы). В связи с этим предпринимаются попытки удалить их каким-либо методом. В печать поступили сообщения об уничтожении включений сжиганием их лучами лазера с последующей обработкой канала кислотой. Наличие такого канала может служить диагностическим признаком алмаза [1].

КОРУНД (РУБИНЫ И САПФИРЫ)

Сапфиры и рубины — разновидности благородного корунда (от санскр. *kuruwinda* или старого индийского — каурунтака) — 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 огненно-красным рубином. Цвет благородных корундов может быть различным: бесцветным (лейкосапфир), красным различной интенсивности и оттенков (рубин), синим или голубым различной интенсивности и оттенков, розовым (из-за примеси Ti^{4+}), зеленым, фиолетовым, оранжевым, желтым, коричневым (сапфиры). Встречаются камни, обладающие астеризмом в виде шестилучевой звезды или эффектом кошачьего глаза, появление которых обусловлено ориентированными включениями рутила. В коллекции Минералогического музея Ленинградского Горного института хранятся корунды с о. Шри-Ланка более 40 различных расцветок.

В литературе впервые описал корунды (карбункулы) Плиний Старший в «Естественной истории». Он привел ряд научных сведений о свойствах корундов: неравномерности их окраски, блеске, изменении цвета при вращении камня (плеохроизм), а также описал места добычи. Однако наряду с научными приведены фантастические сведения о существовании якобы мужских и женских корундов или о том, что в Эфиопии карбункулы выдерживали в уксусе 14 дней, после чего «блеск их продолжается столько же месяцев».

По химическому составу корунд представляет собой оксид алюминия — Al_2O_3 . Цвет его зависит от примесей. Корунд кристаллизуется в тригональной сингонии дитригонально-скаленоэдрического класса симметрии. Кристаллы его столбчатые, бочонковидные, пирамидальные, пластинчатые, с гранями гексагональной призмы $\{11\bar{2}0\}$, гексагональных дипирамид $\{22\bar{4}1\}$ и $\{22\bar{4}3\}$, ромбоэдра $\{10\bar{1}1\}$ и пинакоида $\{0001\}$. Для корунда характерны полисинтетические двойники по $\{10\bar{1}1\}$, что приводит к появлению на гранях призмы, дипирамид и пинакоида косой штриховки.

Корунд среди минералов занимает второе место по твердости и абразивной способности после алмаза. Спайность весьма несовершенная, наблюдается отдельность по пинакоиду и иногда по ромбоэдру. Корунд — минерал оптически одноосный, отрицательный; $n_o = 1,765—1,778$, $n_e = 1,757—1,768$, $n_o - n_e = 0,008—0,009$. Дисперсия показателей преломления 0,018. Дихроизм сильный: у рубина — пурпурно- и оранжево-красный; у синего сапфира — фиолетово- и зеленовато-синий; зеленого — зеленый и желто-зеленый; оранжевого — оранжевый и бесцветный; желтого — желтый и бледно-желтый; пурпурного — фиолетовый и оранжевый. В ультрафиолетовых лучах рубины люминесцируют красным цветом. Синие сапфиры обычно не люминесцируют. Иногда, например, у камней из Таиланда наблюдается слабое желтовато-белое свечение (254 нм), а у камней из Бирмы — красное и оранжевое свечение (365 нм). Желтые сапфиры обладают абрикосовой (365 нм) и желто-оранжевой (254 нм) люминесценцией, оранжевые — оранжевой, бесцветные — красно-оранжевой, фиолетовые и александритоподобные — красной.

Крупные рубины встречаются реже алмазов. Так за 1870—1970-е гг. было найдено свыше 300 кристаллов алмазов с массой более 200 кар, а таких же рубинов — всего несколько штук. Очень большая редкость — рубины даже с массой более 30 кар. В Британском музее в Лондоне хранятся кристалл бирманского рубина массой 3450 кар и считающийся лучшим из необработанных кристаллов «Рубин Эдуарда» массой 167 кар. Крупные сапфиры встречаются нечасто, однако отдельные находки камней массой более 1 кг все же имеются. Так, на о. Шри-Ланка найден сапфир массой около 19 кг (95 000 кар), а в Югославии — 1,4 кг (оба не ювелирного качества).

Крупные ограненные рубины и сапфиры являются

гордостью собраний различных музеев мира. Так, в коллекции Алмазного фонда СССР хранится «Держава императорская», верхняя часть которой украшена великолепным сапфиром с о. Шри-Ланка массой 200 кар. Там же находится брошь с сапфиром васильково-синего цвета массой 258 кар. Большую известность приобрели камни британской короны «Сапфир Стюарта» (размер 3,8×2,5 см) и «Сапфир святого Эдуарда». Один из крупнейших ограненных рубинов величиной с половину куриного яйца находится в частной коллекции в Индии, сапфир «Росполи» (135 кар) и второй размером 5×3,8 см — в Париже, рубин в 250 кар — в Пражском кафедральном соборе, крупнейший звездчатый рубин «Розер риве» (138,7 кар) — в США, рубин «Делонг» (100 кар), сапфиры «Звезда Индии» (563 кар) и «Полуночная звезда» (116 кар) — в Американском музее естественной истории (Нью-Йорк), сапфиры «Звезда Азии» (330 кар) и «Логан» (423 кар) — в Смитсоновском институте США (Вашингтон).

Самым крупным оранжевым сапфиром (падпараджа) считается камень массой 57,30 кар, хранящийся в британской коллекции. Крупнейшим ограненным сапфиром является «Черная звезда Квинсленда» массой 1444 кар. Известны также резные крупные рубины: танзанийский рубин размером 16×13 см, на котором американским резчиком Р. Харвиллом изображена сцена «Добрый самаритянин», рубины «Милосердие» размером 14×8 см и «Свобода» размером 14×9 см, обработанные в мастерской фирмы «Казанян» из Лос-Анджелеса и др.

Рубин получил свое название по цвету (от лат. *rubeus* — красный). На Востоке рубин с глубокой древности считался наиболее ценным ювелирным камнем. Он служил талисманом, им украшали амулеты, его вставляли в различные украшения. Санскритские названия рубина «ратнарадж» — царь самоцветов и «ратнанайяка» — 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 называлась 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 воду этими огненными лучами, как лучами золота».

Рубину в древности приписывали сверхъестественные свойства, и в том числе способность предохранять от тяжелых заболеваний. М. И. Пыляев [29] приводит выписку из «Лапидарий»: «Вот рубин, он врачует средце, мозг, силу и память человека...» Здесь же приводятся рецепты по применению толченого рубина в качестве лекарства, исцеляющего от самых тяжелых недугов.

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

Красный цвет рубина определяется преимущественно примесью ионов Cr^{3+} ; содержание Cr_2O_3 в густо окрашенных образцах может достигать 4%. В оптическом спектре рубина в видимой области наблюдаются широкие полосы поглощения $\sim 18\,000\text{ см}^{-1}$ и $\sim 24400\text{ см}^{-1}$ [28]. На оттенки цвета влияют примеси других хромофоров: коричневатый оттенок связан с повышением содержания примеси ионов железа, фиолетовый — ванадия и др. Окраска рубина часто имеет неравномерный или зональный характер. Интенсивность и оттенки цвета рубинов могут сильно варьировать. На этом основано деление торговых сортов на «файн» (превосходный), темный и светлый цвета. Так как исторически сложилось, что самые хорошие камни поступают из Бирмы (отличаются превосходным цветом), Таиланда (в основном темного цвета, часто коричневатые) и о. Шри-Ланка (в целом светлее и ярче бирманских), синонимами торговых сортов стали соответственно определения: бирманский, сиамский и цейлонский. Эти торговые названия относятся к цвету камня, но не к месторождению.

Бирманские рубины имеют кроваво-красный цвет — цвет «голубиной крови». Если в них наблюдаются темные тона, то их называют рубинами цвета «бычьей крови», если светлые — «вишневыми». Самые хорошие рубины этого сорта встречаются только в Бирме.

Цвет сиамских рубинов от фиолетово- до коричнево-красного, цейлонских — от светло- до фиолетово-красного (цейлонские корунды слабого розового цвета, обычно связанного с примесью ионов Ti^{4+} , носят название розовых

сапфиров). В конце 70-х гг. появился новый торговый термин «африканские рубины», которым обозначают рубины из Кении и Танзании. По качеству они близки к бирманским.

Наиболее ценны камни красного цвета с легким фиолетовым оттенком. Усиление фиолетового и наличие оранжевого оттенков снижают стоимость камня. Наименее ценны камни с коричневым оттенком. По интенсивности любого цвета наибольшую стоимость имеет среднетемный тон, далее следуют светлый и темный тона. Неравномерность окраски также снижает стоимость камня. На стоимость камня влияют, правда в меньшей степени, чем цвет, дефекты (трещины, помутнения, включения) и качество огранки (полировка, выдержанность пропорций и ориентировки камня при огранке).

При обработке рубина применяется фасетная огранка. Необходимо учитывать его сильный дихроизм. Для выявления наиболее красивого фиолетово-красного цвета при огранке рубин ориентируется перпендикулярно к оптической оси, совпадающей с осью третьего порядка. Из камней с эффектом астеризма или кошачьего глаза делают кабошоны.

По данным 1983 г., цены на сиамские рубины в зависимости от цвета, чистоты и качества огранки колеблются от 500 до 3000 дол./кар. Бирманские рубины ценятся в несколько раз выше. В США в 1980 г. цены на рубины массой в 1 кар на уровне мелкооптовой торговли составляли: бирманские — 2500—3500 дол., тайландские (сиамские) — 1200—1600 дол., розовые сапфиры — 500 дол.

До XIX в. сапфирами называли все синие камни, включая лазурит. Этот древний термин неизвестного происхождения, возможно, связан с древнееврейскими или санскритскими словами. С 1800 г. сапфирами стали называть только синие разновидности корундов, зеленые корунды именовали драгоценным перидотом, желтые — драгоценным топазом и т. д. В настоящее время за этими разновидностями корунда также закрепилось название сапфиров, только цветных.

Желтая окраска сапфиров связана с наличием ионов Fe^{3+} (полосы поглощения в области $22\,300\text{ см}^{-1}$ и $26\,000\text{—}27\,000\text{ см}^{-1}$) и иногда в сочетании с дырочным центром O^- (полосы поглощения в области $45\,000\text{—}30\,000\text{ см}^{-1}$); оранжевая — с совместным присутствием ионов Cr^{3+} и дырочного центра O^- ; фиолетовая — с

наличием примеси ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} и иногда Ti^{4+} ; синяя, сине-зеленая и зеленая — с хромофорными центрами Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} (полосы поглощения в области 11 450, 14 300, 17 600, 22 300, 26 700 см^{-1}); «александритовый эффект» появляется, если к этим центрам добавляется еще V.

Все эти центры могут присутствовать в сапфирах в различных сочетаниях, что приводит к огромному разнообразию их красок и оттенков [28].

Наиболее ценными считаются васильково-синие (кашмирские, бирманские и цейлонские) сапфиры. Сапфиры с зеленоватым оттенком и сильным плеохроизмом (австралийские, кенийские) ценятся ниже. Особым спросом пользуются редчайшие звездчатые голубые сапфиры. Эффект астеризма в них, так же как и в рубинах, связан с наличием ориентированных включений рутила. Редкими являются и оранжевые, цвета восходящего солнца ланкийские сапфиры «падпараджа». В 1980 г. в США цены на уровне оптовой торговли на сапфиры массой 1 кар составляли: на камни от зелено- до чернильно-синего цвета — 750—2000 дол. (Бирма), 450—1200 дол. (Шри-Ланка), 250—400 дол. (Таиланд, Кампучия), фиолетового — 100 дол. и более; серо-зеленого — до 25 дол., оранжевого (падпараджа) — среднего качества — 250—1200 дол., хорошего качества — 2000 дол. и более; желтого — за камни массой от 1 до 5 кар — 80—150 дол./кар, а от 5 до 10 кар — 150—300 дол./кар.

Среди камней Шри-Ланки значительную долю составляют молочно-голубые сапфиры, известные под коммерческим названием «геуда» (*geuda*). В последние годы такие камни стали в большом количестве закупаться Таиландом, где был разработан метод их облагораживания. В настоящее время Государственная корпорация драгоценных камней Шри-Ланки, осуществляющая экспортные операции с драгоценными камнями, планирует сама организовать облагораживание и сбыт камней этого сорта. Облагораживание корундов для улучшения цвета, прозрачности и т. д. производится путем термообработки, облучения или диффузии. Облагороженные камни весьма трудно отличить от камней с природной окраской. По мнению К. Нассау и др., иногда их можно идентифицировать по своеобразному распределению окраски или ее исчезновению (желтые сапфиры), люминесценции (синие сапфиры), четкому проявлению зональности окраски, по-

явлению трещин около включений, шероховатости («оспин») на гранях.

При обработке сапфира применяют ступенчатую, бриллиантовую или комбинированную огранку (бриллиантовую сверху, ступенчатую внизу). Менее прозрачные камни, а также камни с астеризмом или эффектом кошачьего глаза кабошонировуют. Сапфиры обрабатывают так, чтобы площадка в граненых камнях или основание у кабошона было параллельно базопинакоиду.

Месторождения благородных корундов связаны с магматическими — щелочными основными лампрофирами и базальтами, сиенитовыми и миаскитовыми пегматитами, плагиоклазитами, скарнированными мраморами, силикатными эндоскарнами, высокоглиноземистыми гнейсами и амфиболитами. Важное место занимают элювиальные, элювиально-делювиальные и делювиально-аллювиальные россыпи [14]. Каждому из промышленно-генетических типов соответствуют свои типоморфные особенности корундов (форма кристаллов, окраска, включения), имеющие и диагностическое значение [2]. К магматическому типу в щелочных основных лампрофирах относится месторождение Його-Галч (шт. Монтана, США). Мелкие (не более 2 кар) пластинчатые кристаллы сапфира этого месторождения имеют от бледно- до васильково-синей или фиолетовую окраску. Для них характерны включения шпинели светлокоричневого цвета, красного рутила, коричневой слюды, часто окруженные жидкими пленками. Сапфиры добываются и из элювиальных россыпей. Дайка сапфирсодержащих лампрофиров протягивается почти на 8 км при мощности 2—6 м. Месторождение разрабатывалось с 1886 г. более 40 лет. За это время было извлечено около 2,5 млн. кар ювелирных и 14 млн. кар технических сапфиров.

С базальтами связаны месторождения рубина и сапфира Австралии (штаты Квинсленд и Новый Южный Уэльс). Эти месторождения, а также делювиально-аллювиальные россыпи являются в настоящее время основным источником сапфирсы. В середине 70-х гг. их удельный вес в мировой добыче составил 80% [32]. Кристаллы сапфиров в форме усеченных дитригональных пирамид с плохо выраженными гранями имеют различные цвета: встречаются зеленые, оранжево-желтые, желтые иногда с астеризмом, а также камни с александритовым эффектом; камни темно-синего цвета отличаются резко выраженным

дихроизмом в сине-зеленых тонах (различимым даже на глаз без каких-либо приборов).

Месторождения сапфира имеются также в Таиланде и Кампучии. Сапфиры из Кампучии содержат включения гатчеттолита, торита и полевых шпатов. В сиамских сапфирах наблюдаются плагиоклаз, колумбит, пирротин, халькопирит, жидкие включения; характерны полисинтетические двойники. Для сиамских рубинов типичны включения апатита и пирротина, часто окруженные дискообразными или овальными плоскими трещинами с тонкими жидкими паутиновидными пленками, полисинтетические двойники, трещины с различными текстурами газовой-жидких включений, декорированные бурыми пленками гидроксидов железа, «каналы» с жидкими включениями.

С пегматитами связаны месторождения сапфира Могокского горнорудного района Бирмы. Для пластинчатых или бочонковидных бирманских кристаллов голубого, синего, зеленого цвета характерны жидкие включения, образующие сетчатые, дактилоскопические и прочие текстуры, включения игольчатого и коробкостолбчатого рутила, апатита, циркона, монацита, флогопита, фергусонита, магнетита. К этому же типу относятся проявления ювелирного синего сапфира в Ильменских и Вишневых горах на Урале и в Хибинском щелочном массиве на Кольском полуострове (СССР).

Индийские месторождения в шт. Джамму и Кашмир имеют пневматолито-гидротермальный генезис (в плагиоклазитах, в мраморах). Крупные кристаллы сапфира отличаются синим, фиолетовым, зеленым и желтым цветом. Длина зонально окрашенных кристаллов до 12,5 см, ширина до 7,5 см. С 1963 по 1970 гг. здесь было добыто около 1500 кг высококачественных сапфиров, в дальнейшем объемы добычи несколько снизились [32]. К типоморфным особенностям кашмирских сапфиров относятся: включения турмалина и роговой обманки; «каналы», заполненные жидкостью; отрицательные кристаллы; «облачность», вызванная мельчайшими жидкими включениями; трещины, декорированные гидроксидами железа.

Пневматолито-гидротермальные месторождения сапфиров и рубинов в Танзании (Умба и др.) связаны с плагиоклазитами и их слюдистыми разновидностями, залегающими в ультраосновных породах. Таблитчатые или бочонковидные камни до 4 см образуют зернистые скопления и вкрапленники. Они содержат включения апатита, циркона,

граната, пирротина; для рубинов характерны включения рутила, графита, паргасита, шпинели, цоизита и др.

В СССР на Полярном Урале имеется месторождение рубинов Макар Рузь, где они встречаются в слюдяных породах в виде мелких (до 5 мм) кристаллов; попадаются кристаллы до 10 см в поперечнике, но они непрозрачны или полупрозрачны и трещиноваты.

Месторождения рубинов Могокского района Бирмы приурочены к скарнированным мраморам, находящимся на контакте с дайками гранитов или гранит-пегматитов. Могокский район площадью около 400 км² — наиболее древний район добычи драгоценных камней. До 1931 г. ежегодная добыча рубинов в этом районе достигала 150 тыс. кар. Рубины встречаются в виде зернистых, гнездообразных скоплений или отдельных кристаллов, вкрапленных в основную породу — мрамор. Промышленная добыча рубинов ведется из россыпей, образовавшихся при разрушении рубиноносных скарнированных мраморов. Кристаллы рубина призматического или бочонковидного облика имеют довольно крупные размеры. Окраска красная, розовая, часто неравномерная. Встречаются рубины с астеризмом.

Особенность бирманских рубинов — наличие большого количества включений игольчатого рутила, образующего «шелк» (при параллельном расположении индивидов) и сетки (при их пересечении под углом 60°), шпинели, апатита, оливина, кальцита, желтого сфалерита, титанита, прозрачных листочков слюды. К этому же типу относятся месторождения рубинов в Афганистане (Джегдаллен и др.), Пакистане (бассейн р. Хунза), а также проявления рубина в СССР.

Месторождения сапфира в Шри-Ланке (Ратнапура) приурочены к силикатным эндоскарнам и связанным с ними делювиально-аллювиальным россыпям. Бочонковидные, призматические остропирамидальные кристаллы синего, голубовато-желтого сапфира образуют гнездовидные скопления и вкрапленники в породе, состоящей из олигоклаз-андезина, скаполита, силлиманита, флогопита и др. Типоморфными признаками сапфиров Шри-Ланки являются: включения циркона, окруженного «плеохроичными двориками», граната, шпинели, слюд, гематита, кальцита, турмалина, халькопирита, рутила, образующего «шелк» и сетки; каналы, иногда заполненные жидкостью; жидкие и газовой-жидкие включения, формирующие текстуры, напо-

минающие сетки, соты, дактилоскопические отпечатки и пр.

Метаморфогенные месторождения сапфира и рубина известны в Шри-Ланке и в США (месторождение Кови-Крик). Они содержат довольно бледно окрашенные кристаллы небольших размеров.

Характер окраски, набор включений и ряд других признаков позволяют отличать друг от друга природные рубины и сапфиры из различных месторождений. По этим же параметрам можно отличить природные камни от их синтетических аналогов.

Диагностика благородных корундов затруднена тем, что существует значительное число минералов, применяемых в качестве их имитаций или просто очень напоминающих их. Рубин путают с шпинелью, красными гранатами, турмалинами (рубеллитами), некоторыми топазами и др. (табл. 7).

От всех этих минералов рубин отличается высокой твердостью. Именно твердостью обусловлен образующийся иногда при его обработке дефект «огненных знаков» — мелких неровных трещинок в приповерхностной части камня. Наличие двупреломления и ясно выраженного дихроизма отличает рубин от шпинели и граната. Для рубина характерны ярко-красные люминесценция и цвет камня под фильтром Челси.

При диагностике сапфира в настоящее время наибольшую трудность представляют танзанит (несколько ниже твердость, плотность, показатели преломления) бенитоит (ниже плотность и твердость, высокая дисперсия показателей преломления, ярко-голубая люминесценция — 254 нм) и аквамарин-максикс (ниже твердость, плотность, показатели преломления, неустойчивость окраски).

Цветные сапфиры можно спутать с другими минералами и синтетическими материалами аналогичного цвета. Диагностика их производится по физическим свойствам и включениям.

Все благородные корунды могут входить в состав дублетов или триплетов, которые, как и другие составные камни, распознаются по наличию пузырьков в плоскостях склеивания, а используемые составляющие — по физическим свойствам. Издавна для имитации корундов применяются стекла соответствующего цвета, обладающие меньшей твердостью, с отсутствием двупреломления и плеохроизма, наличием газовых включений, свилей и т. д.

Т а б л и ц а 7 Диагностические при-
распространенных имитаций

Наименование	Химическая формула	Сингония	Показатели преломления	Двупреломление
Рубин	Al_2O_3	Тригональная	$n_o = 1,767$ $n_e = 1,759$	0,008
Рубин синтетический	Al_2O_3	„	$n_o = 1,763—1,768$ (до 1,780) $n_e = 1,760—1,763$	0,008
Шпинель	$MgAl_2O_4$	Кубическая	$n = 1,712—1,719$	—
Альмандин	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	То же	$n = 1,830—1,750$	Иногда аномальное
Пироп	$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	—	$n = 1,746—1,706$	—
Циркон (гидроцинт)	$Zr[SiO_4]$	Тетрагональная	$n_o = 1,830—1,930$ $n_e = 1,840—1,970$	0,008— 0,043
Турмалин (эльбаит-рубеллит)	$NaLiAl_6Si_6B_3O_{28} \times (OH)_2F$	Тригональная	$n_o = 1,640—1,655$ $n_e = 1,615—1,620$	0,017— 0,024
Фианит	$(Zr, Hf)O_2$	Кубическая	$n = 2,10—2,20$	—
ИАГ	$(TR)_3Al_2[AlO_4]_3$	То же	$n = 1,83—1,84$	—
Сапфир	Al_2O_3	Тригональная	$n_o = 1,770—1,779$ $n_e = 1,762—1,770$	0,008— 0,009
Сапфир синтетический	Al_2O_3	То же	$n_o = 1,767$ $n_e = 1,759$	0,008
Шпинель синтетическая	$MgAl_2O_4$	Кубическая	$n = 1,728$	Часто аномальное

наки рубина и сапфира и их наиболее

Дисперсия	Плеохроизм	Плотность	Твердость	Цвет люминесценции в УФ-лучах	Прочие признаки
0,018	Красный, желтовато-красный	3,9—4,1	9	Красный	Прямолинейная зональность окраски; двойники; включения рутила («шелк», «сетки»), карбонатов, апатита и пр.
0,018	То же	3,99—4,05	9	Красный, молочно-белый	Криволинейная зональность окраски; газовые включения, свибли и пр.
0,020	—	3,50—3,70	8	Красный, оранжевый	Включения шпинели, магнетита, циркона
0,027	—	3,95—4,30	7—7,5	—	Включения роговой обманки, биотита и др.
0,017	—	3,51	7—7,5	—	Включения циркона и пр.
0,039	Коричневато-красный, красный	4,08—4,60	7—7,5	Желтый	Включения гидроксидов Fe и др.
0,017	Красный, розовый	3,03—3,10	—	Отсутствует, иногда голубоватый	Газово-жидкие включения
0,062	—	6—10	8	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый и пр.	Газовые включения
0,028—0,038	—	4,55—7,09	—	То же	То же
0,018	Фиолетово-синий, голубовато-зеленый	3,99—4,00	9	Отсутствует, иногда зеленовато-белый, красный, оранжевый	Прямолинейная зональность окраски, ГЖВ, включения рутила («шелк», «сетки») и пр.
0,018	Слабый	3,99—4,10	—	Отсутствует, иногда оранжевый (365 нм), тусклый голубой, белый (254 нм)	Газовые включения
0,020	—	3,63—2,64	8	Отсутствует, красный, розовый, оранжевый (365 нм), голубой, молочно-белый (254 нм)	То же

Благородный берилл как ювелирный камень применялся с давних времен благодаря неповторимой красоте цвета его разновидностей. Упоминания о берилле встречаются уже в трудах Теофраста, об изумруде — в трудах Плиния. Название минерал получил, вероятно, от греч. $\beta\eta\rho\upsilon\lambda\lambda\omicron\varsigma$, значение которого не установлено.

Окраска бериллов охватывает практически все цвета спектра (рис. 20). В зависимости от окраски различают следующие разновидности: травяно-зеленый — изумруд (смарagd); голубой, иногда с зеленоватым оттенком — аквамарин; сапфирово-синий — аквамарин-максикс; розовый — воробьевит (морганит); землянично-красный — биксбит (биксбит); желтый, золотистый — гелиодор (давитсонит); бесцветный — гошенит (ростерит); яблочно-зеленый — гешенит; синий, содержащий примесь скандия, — бацит. Встречаются также бериллы желтовато-зеленоватого, зеленоватого, голубовато-зеленого, фиолетового, коричневого, черного цвета, бериллы с астеризмом, эффектом кошачьего глаза и иризацией. Звездчатый эффект наблюдается, например, в бериллах Сибири, темно-коричневых бериллах Бразилии (шт. Минас-Жерайс), черных бериллах Мозамбика. В. Вебстер [50] связывает появление эффекта шестилучевой звезды с ориентированными включениями ильменита.

Берилл представляет собой островной (кольцевой) силикат бериллия и алюминия — $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. В качестве примесей могут присутствовать щелочные элементы (до 7%); Na, K, Li, Rb, Cs, Cr, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg, Ca, Sc, Mn, Ti, V, Ga, Ge, B, P. Берилл относится к гексагональной сингонии дигексагонально-бипирамидального класса 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. Колонки из колец $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ связаны бериллиево-кислородными тетраэдрами (Be в четверной координации) и алюмокислородными 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 .

Кристаллы берилла часто характеризуются правильной формой. Размер их сильно варьирует. Обычно габитус кристаллов призматический. Главнейшие простые формы:

гексагональная призма $\{10\bar{1}0\}$, пинакоид $\{0001\}$, дипирамиды $\{1121\}$ и $\{10\bar{1}1\}$ и призма $\{11\bar{2}0\}$. Всего на кристаллах берилла известно около 40 комбинаций. По морфологической классификации В. В. Доливо-Добровольского выделяют следующие типы кристаллов берилла: 1 тип — вытянутые, 2 тип — изометрические, 3 тип — сплюснутые, 4 тип — сильно сплюснутые. На гранях кристаллов часто наблюдаются фигуры роста и растворения: ромбовидные и квадратные углубления на $\{10\bar{1}0\}$, шестиугольные или пирамидальные на $\{0001\}$. При растворении иногда образуются копьевидные или «обсосанные» кристаллы. Берилл встречается также в виде параллельных, сноповидных, радиально-лучистых и шестоватых агрегатов.

Каждая разновидность берилла характеризуется своими значениями плотности и оптическими характеристиками (табл. 8).

Берилл — кристалл оптически одноосный, отрицательный, но в редких случаях он становится двуосным. Блеск стеклянный, чуть жирноватый. Спайность отсутствует, наблюдается отдельность по пинакоиду $\{0001\}$. Излом неровный, раковистый. Твердость 7,5—8. Микротвердость равна 9149—14591 МПа. Твердость граней пинакоида несколько ниже.

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

Берилл — наиболее распространенный минерал бериллия. Он встречается в пегматитах, грейзенах, гидротермальных образованиях, россыпях. Еще В. И. Вернадским была установлена зависимость некоторых особенностей берилла от температуры его образования: с понижением температуры изменяются окраска бериллов и их облик — от призматического до короткостолбчатого. При изучении газовой-жидких включений в бериллах установлено, что температурный диапазон их образования достаточно широкий — от 700 до 200 °С; основная масса бериллов образуется в интервале 500—300 °С. Месторождения ювелирных бериллов известны в Бразилии, Мозамбике, ЮАР,

Таблица 8 Основные свойства берилла

Разновидности	Цвет	Дихроизм	Показатели преломления	
			n_o	n_e
Изумруд	Травяно-зеленый	N_e — зеленый, синезеленый, N_o — желтовато-зеленый	1,572—1,600	1,566—1,593
Аквамарин	Голубой	N_e — голубой, N_o — бесцветный, зеленовато-голубой	1,572—1,590	1,567—1,583
Аквамарин-максикс	Синий	N_e — бесцветный, N_o — синий	1,592	1,584
Воробьевит (морганит)	Розовый	N_e — бледно-розовый, N_o — голубовато-розовый до бесцветного	1,578—1,600	1,572—1,592
Биксбит (биксбит)	Красный	—	1,576	1,570
Гелиодор	Желтый, оранжевый	N_e — желтый, красновато-желтый, N_o — золотисто-желтый	1,570—1,591	1,566—1,584
Гошенит (ростерит)	Бесцветный	—	1,566—1,602	1,562—1,594

Примечание. Величина дисперсии для всех разновидностей берилла

Мадагаскаре, Намибии, США, Шри-Ланке. Есть они и в нашей стране.

Благодаря разнообразной и красивой окраске, прозрачности и блеску бериллы издавна пользуются огромной популярностью. Для них применяются, главным образом, ступенчатая (изумрудная) или бриллиантовая огранка; при обработке необходимо учитывать плеохроизм. В прошлом в изделиях для усиления окраски ограненного камня под него часто подкладывали фольгу того же цвета. Непрозрачные камни и камни с астеризмом или эффектом кошачьего глаза обрабатывают в форме кабошонов. На бериллах, главным образом на аквамаринах, вырезали геммы. Крупные кристаллы, например аквамарина, использовали для изготовления различных поделок крупных размеров.

ства различных разновидностей

$n_o - n_e$	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах	Линии поглощения
0,005—0,009	2,68—2,78	Иногда красный (365 нм), зеленый (254 нм)	23 900, 23 200, 16 700, 15 900, 15 700, 15 500, 14 700, 14 600 см ⁻¹
0,005—0,007	2,68—2,80	Инертен	12 100, 10 500, 12 350, 14 300—14 600, 16 100 см ⁻¹
0,008	2,50	—,,—	695, 654, 628, 615, 581, 550 нм
0,008—0,009	2,71—2,90	Бледно-фиолетовый, голубовато-белый	~18 000, ~18 500, ~20 200, ~20 600 см ⁻¹
0,006	2,67	Инертен	18 600, 20 500 см ⁻¹
0,004—0,007	2,67—269	—,,—	28 000—37 000 39 300—46 000 см ⁻¹
0,004—0,008	2,63—2,91	—,,—	—

0,014, твердость 7,5—8.

Неювелирный берилл также имеет огромное значение. Это — основная руда бериллия, широко применяемого в современной технике (бериллиевые бронзы, сверхлегкие сплавы, отражатели нейтронов в атомных реакторах и т. д.). В промышленных целях изумруды синтезируют. Широко применяются облагороженные облучением или термообработкой бериллы. 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 (ма-

раката, маркат, таркшиа) имеются в древнеиндийском эпосе «Махабхарате». В древнем индийском манускрипте о драгоценных камнях «Агасти» повествуется о восьми разновидностях изумруда. Санскритское или персидское название «заморрод» со временем превратилось в греческое — «смарагдос», а затем в латинское — «смарагдус». Современные 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. На севере Африки, начиная со II тысячелетия до н. э. и кончая серединой XVIII в., добыча изумрудов велась на ряде месторождений, расположенных в 50—60 км от побережья Красного моря.

В течение многих столетий разрабатывались месторождения изумрудов в Колумбии. Европейцы узнали о замечательных камнях Южной Америки в XVI в. в связи с завоевательскими походами испанских конкистадоров, которые обнаружили у местного населения многочисленные изделия с обработанными изумрудами прекрасного цвета и качества.

Поиски мест, где добывались замечательные изумруды, привели к открытию месторождений Чивор, или Сомандоко, что означает «Бог зеленых камней» (1538 г.), Музо (1564 г.) и Коскуэс (1646 г.). В настоящее время в Колумбии известно около 180 месторождений изумруда. Основная добыча камней происходит на месторождениях Музо, Коскуэс, Пеньяс Бланкас, Якопи и Чивор. Добыча изумрудов различного сорта на рудниках Музо, Коскуэс и Чивор в 1981 г. составила 1387,4 тыс. кар. В 1973 г. было добыто 40 тыс. кар изумрудов высшего ювелирного качества. Изумруды Колумбии дают от 55 до 90 % мировой добычи. Около 60 % изумрудов, добываемых в Колумбии, торгового качества, 25 % — среднего, остальные — высокого качества.

Значительны по масштабам месторождения Бразилии, которые в настоящее время дают около четверти мировой добычи изумрудов. Они находятся в штатах Баия (Карнауба и др.), Минас-Жерайс, Гояс. Первые находки изумрудов в Европе относятся к 1797 г., когда были найдены кристаллы в Австрии — в Зальцбурге (Восточные Альпы).

Изучение и разработка месторождения Хабахталь проводились с 1860 по 1914 г.

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 Коковин, оказались изумрудами. Вскоре начались старательские разработки месторождений, названных Изумрудными копиями.

Несколько позже изумруды были обнаружены в Северной Америке (шт. Северная Каролина, США), где они относительно регулярно добываются и в настоящее время. 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 в 1960 г. центром добычи изумрудов стали рудники Кобра и Гравелотт. В 1976 г. компанией «Гравелотте эмералдс пропрайетри лтд.» было добыто 487 кг изумрудов различного качества. В 1931 г. начата разработка месторождения Мику в Замбии. В 1956 г. обнаружены месторождения изумрудов в Зимбабве (Сандвана, Чикванда, Родезия-Гем, Сидком, Мейфилд-Фарм, Мустард-Пеппер, Новелло-Клаймс). Ведется добыча изумрудов и в Танзании на месторождениях Лейк-Маньяра. По данным 1972 г., месторождения Южной Африки дают около 10% мировой добычи изумруда.

Месторождения изумрудов в Индии были известны с давних времен, но свое былое значение к началу века они утратили. Только в 1943 г. возобновилась добыча изумрудов. Были обнаружены месторождения и рудопроявления Текхи, Калигуман, Калагурха, Гум-Гурх, Раджгарх, Бубани и др. Все они входят в состав так называемого «изумрудного пояса», простирающегося на 927 км. Эти месторождения разрабатывались до середины 50-х гг. и давали значительный объем продукции (в 1943 г. — 10 кг), но затем они были заброшены, и лишь в середине 60-х гг. возобновились работы на месторождении Бубани. Ведется добыча изумруда и в Пакистане (месторождение Сват), где в середине 70-х гг. было добыто около 10 тыс. кар ограночного материала. Перспективно месторождение Панджшер в Афганистане.

В середине 20-х г. было открыто месторождение Ага Кхан Майн (в 700 км северо-западнее Перта) в Авст-

ралии. Оно разрабатывалось до начала второй мировой войны. Разработка его возобновилась лишь в 1980 г. В начале 80-х гг. были найдены изумруды в Западной Австралии — на месторождении Карлев (в 60 км южнее Марбл Бар).

Размеры кристаллов различны: кристаллы ювелирного качества чаще всего мелкие. Самый крупный в мире изумруд размером 14×35 см и массой 24 000 кар найден в 1956 г. на руднике Сбмерсет (ЮАР). К сожалению, он не сохранился в первоначальном состоянии, так как был распилен на несколько частей и обработан. Стоимость камней, полученных после обработки, — 250 млн. французских франков. Уникальные изумруды массой 1629,6 и 1160 кар обнаружены в Зимбабве.

Уникальные изумруды были обнаружены и в нашей стране. Самый крупный из Уральских изумрудов — прозрачный кристалл травяно-зеленого цвета, получивший название «Изумруд Коковина», был найден в 1834 г. Место нахождения его в настоящее время неизвестно. Со временем это название перешло на другой изумруд красивого цвета и хорошего качества массой 11 тыс. кар, хранившийся в коллекции Кочубея (отсюда второе название — «Кочубеевский изумруд»), а в настоящее время — в коллекции Минералогического музея АН СССР им. А. Е. Ферсмана.

В «Алмазном фонде СССР» находятся найденный в 1978 г. изумруд, названный «Славный Уральский», массой 3362,5 кар (рис. 21) и другие значительные по размеру, хорошего качества и цвета кристаллы.

Заслуженной славой пользуются изумруды Колумбии: «Кристалл из Гачалы» (7025 кар), «Австрийский изумруд» (2681 кар), «Девонширский изумруд» (1383,95 кар). В Американском музее естественных наук Нью-Йорка хранится изумруд «Патриция» (632 кар). На месторождении Карнаиба в Бразилии в 1970 г. был найден изумруд массой 6300 кар, впоследствии вывезенный в ФРГ.

Крупнейшие североамериканские изумруды: «Гордость Америки» (сросток кристаллов массой 1470 кар), «Изумруд Стефансона» (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. Из крупных изумрудов иногда вырезают различные сувениры. В коллекции

Венского музея имеется сосуд для мази массой 2680 кар, изготовленный из темно-зеленого кристалла.

Интенсивность окраски изумрудов 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 камней различных оттенков цвета весьма значительна. Так, цена ограненного изумруда среднего и высшего качества массой в 1 кар на рынке США в 1974—1979 гг. на уровне мелкооптовой торговли составляла от 650 до 4675 дол., коммерческого качества — от 250 до 1500 дол.

Зеленая окраска изумруда обусловлена ионами Cr^{3+} , изоморфно замещающими 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 североамериканских — легкий желтоватый, придающий некоторую теплоту камню, что обусловлено присутствием ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в тетраэдрической позиции, для болгарских — синеватый, связанный с наличием ионов Fe^{2+} в тетраэдрической и октаэдрической позициях с относительно равной концентрацией [28]. Возможно, некоторое влияние на оттенки зеленого цвета изумруда может оказывать примесь ванадия. В изумрудах Норвегии (Minpe) концентрация V_2O_5 составила 0,9% при содержании Cr_2O_3 0,1%, в изумрудах Музо — 0,05% V, 0,12% Fe, 0,14% Cr и других элементов (Ti, Mn, Ca, Sc). Однако зеленые бесхромистые (<0,0003 %) бериллы из месторождений Бразилии Феррос и Салининха, окраска которых связана с примесью ионов V^{3+} , изоморфно замещающих ионы Al^{3+} в октаэдрических позициях структуры берилла, по мнению А. М. Тейлора, Б. В. Андерсона, Дж. Арема и др., не следует называть изумрудами.

В изумрудах довольно отчетливо выражен дихроизм, особенно в колумбийских: N_e — зеленый, голубовато-зеленый; N_o — желтовато-зеленый ($N_o < N_e$).

В спектрах поглощения изумрудов наблюдаются линии поглощения для N_o — 438, 477, 622, 638, 683 нм, для N_e — 425, 653, 665, 685 нм; n_o -1,572—1,600, n_e -1,566—1,593.

Часто в изумрудах наблюдается зональная окраска. Причем зональность может быть проявлена по-разному. Встречаются кристаллы со слабо окрашенной периферийной и интенсивно окрашенной 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 [9]. Окраска устойчива и не изменяется под воздействием света и тепла. Однако при нагревании до 700—800°С кристаллы несколько бледнеют. Изумруд оптически одноосный. Показатели преломления и двупреломление у кристаллов из различных месторождений могут несколько отличаться, что связано с изменением примесей, входящих в структуру изумруда. Это отражается и на плотности минерала. Изумруды некоторых месторождений люминесцируют в ультрафиолетовых лучах: красным цветом — в длинноволновом и зеленым — в коротковолновом диапазонах.

Месторождения изумрудов связаны с пегматитами (США, шт. Северная Каролина; Норвегия, Эйдсволл), пневматолит-гидротермальными (СССР, Зимбабве, ЮАР, Индия, Австрия) и гидротермальными образованиями (Колумбия, Афганистан). Меньшее значение имеют элювиально-делювиальные и аллювиальные россыпи, имеющиеся в Зимбабве, Бразилии, Колумбии [14]. Важную роль играет состав вмещающих пород, из которых обычно заимствуется хром, необходимый для образования изумрудов.

Изумруды месторождений, относящихся к различным типам, характеризуются определенным набором включений, что является их типоморфными признаками [2]. В изумрудах из месторождений, связанных с миароловыми пегматитами, к которым относятся, в частности, бразильские, наблюдаются включения биотита и других слюд, талька, доломита, двухфазные газово-жидкие включения и дефекты, связанные с залечиванием трещин, — жидкие пленки с зазубренными краями.

Изумруды из наиболее распространенного пневматолито-гидротермального типа месторождений в слюдитовых и плагиоклаз-слюдитовых метасоматитах основных пород характеризуются включениями флогопита (Урал) или биотита (Индия, Австрия, ЮАР), тремолита или актинолита, реже турмалина (Урал, Австрия, Замбия), газово-

жидкими и жидкими включениями. Газово-жидкие включения в трещинах иногда образуют характерные картины, называемые «садом». Они создают дополнительное сверкание и придают камням особую привлекательность.

Помимо включений, типичных для изумрудов месторождений одного генетического типа, для каждого конкретного месторождения присущи свои типоморфные включения. Например, по данным Жернакова, в уральских изумрудах наблюдаются включения талька, хромшпинелидов, флюорита, фенакита, хризоберилла, плагиоклаза. В изумрудах Индии установлены включения фуксита и отрицательные кристаллы; в австрийских изумрудах — эпидота, сфена и бесцветного берилла; в изумрудах ЮАР — включения молибденита и вуалеобразные трещины.

Изумруды гидротермальных месторождений, встречающиеся в доломит-кальцитовых и альбитовых жилах среди углистых известняков, доломитов и сланцев (к ним относятся месторождения Колумбии), характеризуются обилием жидких и наличием трехфазных включений. Помимо этого, в изумрудах месторождения Чивора отмечаются включения альбита, кварца и пирита, а Музо — большое количество черных непрозрачных включений, включения пирротина, кальцита, паризита [46].

Для обработки прозрачных изумрудов используют следующие виды огранки: ступенчатую, прямоугольную «изумрудную» или «каре», реже бриллиантовую. Камни полупрозрачные обрабатываются в форме кабошонов. Необходимо учитывать дихроизм.

Следует заметить, что только очень незначительная часть изумрудов обрабатывается в тех странах, где их добывают. Изумруды высшего качества обрабатываются в Идар-Оберштайне (ФРГ), Рамат-Гане (Израиль), Лондоне, Женеве и Нью-Йорке. Камни среднего и невысокого качества, составляющие основной объем добываемых изумрудов и пригодные для изготовления кабошонов, обрабатываются в Индии. В ювелирных изделиях изумруды часто сочетают с бриллиантами.

В настоящее время, наряду с природными, широко применяются искусственно выращенные изумруды. Издавна изготавливаются дублиеты из двух более мелких изумрудов или из изумруда и какого-либо другого камня — бледного берилла, кварца, синтетической шпинели, которые цементируются изумрудно-зеленой пастой. Дублиеты можно выявить по включениям в плоскости скле-

Таблица 9 Диагностические

Название камней	Твердость	Показатели преломления	Двупреломление
Изумруды:			
природный	7,5—8	$n_o=1,572-1,600$ $n_e=1,566-1,593$	0,005—0,009
синтетический	7,5—8	$n_o=1,557-1,567$	0,003—0,007
раствор-расплавный		$n_e=1,556-1,561$	
синтетический гидротермальный	7,5—8	$n_o=1,566-1,572$	0,004—0,008
Александрит	8—8,5	$n_e=1,570-1,579$ $n_g=1,753-1,759$ $n_m=1,747-1,753$ $n_p=1,744-1,749$	0,009—0,011
Гидденит	6,5—7,5	$n_g=1,662-1,688$ $n_m=1,655-1,673$ $n_p=1,648-1,670$	0,014—0,027
Гроссуляр	7—7,5	$n=1,738-1,745$	Изотропное
Демантоид	6,5—7	$n=1,88-1,889$	»
Диоптаз	5	$n_o=1,644-1,658$ $n_e=1,697-1,709$	$n_e-n_o=0,053$
Жадеит	6—7	$n_g=1,652-1,667$ $n_m=1,645-1,659$ $n_p=1,640-1,654$	$n_g-n_p=$ 0,012—0,020
Корунд (сапфир):	9	$n_e=1,757-1,768$ $n_o=1,765-1,778$	$n_o-n_e=$ 0,008—0,009
природный и синтетический			
Турмалины:			
увит	7—7,5	$n_o=1,632-1,638$ $n_e=1,612-1,621$	$n_o-n_e=$ 0,017—0,020
дравит	7—7,5	$n_o=1,635-1,661$ $n_e=1,610-1,632$	$n_o-n_e=$ 0,021—0,026
Уваровит	6,5—7,5	$n=1,740-1,870$	Изотропное
Флюорит	4	$n=1,432-1,434$	»
Хризолит	6,5—7	$n_g=1,682$ $n_m=1,663$ $n_p=1,642$	$n_g-n_p=0,040$
Хризопраз	6,5—7	$n_o=1,526-1,535$ $n_e=1,59-1,544$	$n_e-n_o=$ 0,007—0,009
Хромдиопсид	5,5—6,5	$n_g=1,702-1,708$ $n_m=1,680-1,656$ $n_p=1,671-1,674$	$n_g-n_p=$ 0,028—0,031
Циркон	6,5—7,5	$n_o=1,780-1,940$ $n_e=1,815-2,010$	$n_e-n_o=$ 0,036—0,059
Шпинель синтетическая	8	$n=1,722-1,728$	Изотропное, часто аномально анизотропное
Кварц синтетический	7	$n_o=1,544$ $n_e=1,553$	$n_e-n_o=0,009$
ИАГ	8,5	$n=1,832-1,872$	Изотропное

свойства изумруда и его имитаций

Дисперсия	Плеохроизм	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах.
0,014	Отчетливый	2,68—2,78	Иногда красный (365 нм), зеленый (254 нм) Красный
0,014	—	2,64—1,65	
0,014	—	2,67—2,69	—
0,015	Отчетливый	3,64—3,77	Красный, бледно-зеленый, желто-зеленый
0,017	"	3,00—3,20	Оранжевый, оранжево- желтый
0,027	—	3,60—3,65	—
0,057	—	3,82—3,85	—
0,036 (n_e)	Сильный	3,28—3,35	—
0,028 (n_o)	Слабый	3,25—3,36	Иногда тусклый белый, зеленый, голубой
0,018	"	3,99—4,10	—
0,017	Сильный	3,05	—
0,017	"	3,02—3,15	—
0,026	—	3,40—3,80	—
0,007	—	3,10—3,25	—
0,020	Слабый	3,32—3,50	—
	—	2,57—2,64	—
	Отчетливый	3,50	Фиолетовый
0,039	Слабый	3,95—4,80	Коричнево-желтый, оранжево-желтый
0,020	—	3,59—3,63	Красный (365 нм)
0,013	Слабый	2,65	—
0,028	—	4,57—6,69	Белый, розовый, сиреневый, желтый

Продолжение табл. 9

Название камней	Твердость	Показатели преломления	Двупреломление
Фианит	8	$n=2,15-2,18$	Изотропное
Стекло	5—7	$n=1,44-1,77$	"
Стекло бериллиевое	7—7,5	$n=1,52$	"

ивания. Кроме того, в качестве имитаций применяют минералы зеленого цвета, обычно менее дорогие и более распространенные — корунд, диоптаз, хромдиопсид, турмалин, уваровит, демантоид, гроссуляр, хризолит, александрит, гидденит, жадеит, циркон, флюорит, хризопраз (табл. 9). Среди этих минералов, по мнению Б. В. Андерсона [1], наибольшего внимания заслуживают флюорит из Намибии, хромсодержащий турмалин из Танзании и жадеит. Изумрудно-зеленый флюорит имеет красный цвет под фильтром Челси и трехфазные включения, аналогичные колумбийским изумрудам. Однако его можно отличить по отсутствию двупреломления и дихроизма, по более низким значениям твердости (4) и показателя преломления (1,434), более высокой плотности ($3,18 \text{ г/см}^3$), сиреневой люминесценции в ультрафиолетовых лучах (365 нм). Хромсодержащий зеленый турмалин имеет красный цвет под фильтром Челси, характерную для изумруда полосу поглощения в красной области, но в отличие от него более высокие показатели преломления (1,620, 1,638).

Отличить жадеит от изумруда можно не только по более низкой твердости (7), но и по более высоким значениям показателей преломления (1,65—1,67) и плотности ($3,33 \text{ г/см}^3$) и характерной ряби или зернистости на поверхности полированного камня. В Бирме и СССР имеется прекрасного изумрудно-зеленого цвета хромдиопсид, который отличается от изумруда по твердости (5,5—6), показателям преломления (1,672—1,708) и плотности ($3,20 \text{ г/см}^3$). Мелкие ограненные изумруды порой весьма сложно отличить и от хризопраза, окрашенного соединениями никеля и имеющего линию поглощения при 623 нм. Изумрудно-зеленый уваровит из-за малого размера кристаллов редко встречается в ограненном виде.

Дисперсия	Плеохроизм	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
0,059—0,065	—	5,5—5,9	Розовый, желтый, оранжевый (365 нм), оранжевый, белый, зеленоватый (254 нм)
0,010	—	2,0—4,5	Зеленый, голубой, фиолетовый, желтый
—	—	2,44—2,49	—

Он так же, как демантоид и гроссуляр, изотропен, не обладает дихроизмом, имеет более высокие показатели преломления и плотность. Отличаются от изумруда свойствами и других зеленых камней и стекол, издавна используемых в качестве имитаций изумруда. В последних присутствуют включения пузырьков воздуха, характерны и другие признаки. Известны случаи «облагораживания» трещиноватых изумрудов путем пропитывания их маслом с красителями. Такие камни можно выявить, погрузив их в воду, содержащую растворитель жира (например, стиральный порошок), или слегка подогрев камень, удалив тем самым масло из трещин.

Аквамарин

Аквамарин — голубой или зеленовато-голубой прозрачный берилл (рис. 22), 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 аквамаринов СССР характерны разнообразные оттенки: синие тона свойственны кристаллам Урала и Забайкалья, зелено-синие — кристаллам Ильменских гор. Известны находки аквамаринов в пегматитах Вольни (Украина). Прекрасного качества голубовато-зеленые и голубые аквамарины распространены в Бразилии (штаты Минас-Жерайс, Баия, Эспириту-Санту, Риу-Гранди-ду-Норти); добыча их составляет примерно половину мировой. Встречаются они и в Демократической Республике Мадагаскар, Нигерии, Зимбабве, в ряде штатов США и др.

Окрашены аквамарины обычно равномерно, однако в

некоторых кристаллах окраска распределена зонально. Так, А. Е. Ферсман описал аквамарины с желтоватым ядром и голубовато-синеватой периферийной зоной. Окраска аквамаринов обусловлена изоморфным вхождением в структуру бериллов ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . В спектрах поглощения аквамаринов из различных месторождений можно наблюдать следующие полосы (в cm^{-1}): 12 100—10 500, 12 350 (тип I), 14 300 (тип II), 16 100 (тип III). Иногда встречаются очень крупные кристаллы аквамарина. В Бразилии в шт. Минас-Жерайс найден один из крупнейших аквамаринов «Марамбайя» массой 110 кг и длиной 48,5 см. Центральная зона этого кристалла окрашена в голубой цвет, периферийная — в светло-зеленый, а промежуточная — в желтовато-зеленый. Одна часть кристалла массой 6 кг находится в г. Нью-Йорке, из второй части получены ограненные камни прекрасного качества. В Бразилии добыты такие крупные кристаллы, как «Качасина» — 62 кг, «Марта Роха» — 34 кг, «Урубубу» — 33,2 кг, «Эстрела Дальва» — 22 кг, «Жакуэто» — 19 кг, «Форт Сенгури» — 12 кг, «Форталеза» — 6,25 кг.

Крупный аквамарин массой 82 кг был обнаружен в 1796 г. В Восточном Забайкалье, красивые синевато-зеленые кристаллы длиной 19 и 20 см — в 1843 г. в Ильменских горах. На Алтае найдены аквамарины длиной 61 и шириной 15 см. Из ограненных аквамаринов следует упомянуть камень массой 900 кар из Индии и камень с бриллиантовой огранкой массой 133,75 кар из Северной Америки.

Форма кристаллов аквамарина, как правило, удлиненно-призматическая; $n_0 = 1,572 - 1,590$; $n_e = 1,567 - 1,583$; $n_o - n_e = 0,005 - 0,007$. В ультрафиолетовых лучах аквамарины не люминесцируют.

Помимо характерных для всех бериллов газово-жидких включений, часто расположенных в тонких каналах, в аквамаринах иногда наблюдаются твердые включения белого цвета, называемые «хризантемами» и «снежными знаками», слои мелких кристаллов, тонкие игольчатые включения. Все они могут служить диагностическими признаками. В ювелирных изделиях трудно отличить аквамарины от природных голубых топазов, синтетических шпинели и кварца, стекла. С этой целью используются физические свойства и некоторые признаки (табл. 10).

Определенные трудности при диагностике природных аквамаринов возникают из-за того, что голубая окраска

Таблица 10 Диагностические признаки аквамарина и его имитаций

Название	Твердость	Показатели преломления	Двуупреломление	Дисперсия	Плеохроизм	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
Аквамарин	7,5—8	$n_o = 1,572 - 1,590$ $n_e = 1,567 - 1,583$	0,005—0,007	0,014	Слабый	2,68—2,80	—
Криатит	7 (4,5)	$n_g = 1,727 - 1,734$ $n_m = 1,721 - 1,723$ $n_p = 1,712 - 1,718$	0,017	0,020	Сильный	3,53—3,68	Тускло-красный (365 нм)
Топаз	8	$n_g = 1,618 - 1,643$ $n_m = 1,610 - 1,636$ $n_p = 1,607 - 1,633$ $n_o = 1,926$ $n_e = 1,985$	0,003—0,010	0,014	Отчетливый	3,50—3,57	Оранжево-желтый (365 нм), зелено-ваго-белый (254 нм) Желтый
Циркон	7,5	$n_g = 1,671 - 1,676$ $n_e = 1,655 - 1,658$ $n_m = 1,650 - 1,652$ $n_p = 1,544$ $n_o = 1,553$	0,059	0,039	—	4,69	—
Эвклаз	6,5—7,5	$n = 1,722 - 1,728$	0,019—0,020	0,016	—	3,02—3,10	—
Кварц синтетический	7		0,009	0,13	Слабый	2,65	—
Шпатель синтетическая	8		Изотропное, часто аномально анизотропное	0,020	—	3,59—3,63	Красный (365 нм)
Стекло	6	$n = 2,37$	Изотропное	—	—	2,37	—
Свинцовое стекло	5	$n = 1,57 - 1,64$	—	—	—	2,63—3,85	—
Бериллиевое стекло	7—7,5	$n = 1,52$	—	—	—	2,44—2,49	—

у бериллов может быть получена в результате нагревания зеленоватых и желтоватых разностей бериллов до температуры 400—500° С; эта окраска отличается значительной устойчивостью и без специальных исследований ее нельзя отличить от природной. Кроме того, бесцветные и розовые бериллы после γ - 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 следующие линии поглощения (нм): 705—685, 645—625, 605 и иногда 597. Наибольшим спросом пользуются ограненные аквамарины в 5—10 кар. Цена на такие камни составляет от 10 до 500 дол./кар в зависимости от качества (1980 г.).

А к в а м а р и н - м а к с и к с. Бериллы необычного глубокого сапфирово-синего цвета были найдены в 1917 г. в штате Минас-Жерайс в Бразилии на руднике Максикс и были названы аквамаринами-максикс (максикс, машише). Однако окраска кристаллов оказалась неустойчивой: при дневном свете она или разрушалась или становилась желтой и рыжевато-коричневой. Аквамарины-максикс имели отчетливый дихроизм: N_o — кобальтово-синий, N_e — бесцветный.

В их спектрах поглощения отмечались полосы поглощения (нм): 695, 654, 628, 615, 581, 550. В отличие от обычных аквамаринов такие бериллы содержали (%): V_2O_5 — 0,39, Fe_2O_3 — 0,03, следы меди, повышенные концентрации щелочей. Плотность аквамаринов-максикс 2,50 г/см³, $n_o = 1,592$, $n_e = 1,584$, $n_o - n_e = 0,008$.

В начале 70-х гг. в США и Англии появились бериллы красивого, сапфирово-синего цвета, по данным К. Нассау, имеющие искусственную окраску, полученную путем облучения природных бериллов рентгеновскими, гамма-лучами или нейтронами. Так же как и аквамарины-максикс, эти бериллы быстро выцветали на солнце и имели аналогичные оптические свойства. Аквамарины-максикс с природной и искусственной окраской изучались методами оптической спектроскопии, ЭПР и другими методами. Было установлено, что характерная неустойчивая синяя окраска возникает под воздействием природной или искусственно наведенной радиации, которая приводит к образованию максикс-центров окраски CO_3^- — в природных кристаллах и NO_3^- — в искусственно окрашенных.

Розовые и красные бериллы

Розовые бериллы известны под двумя названиями: воробьевит (в СССР и ряде стран Европы) и морганит (в США). Розовые бериллы глубокого красивого тона встречаются на Мадагаскаре, 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 музее Горного института находится знаменитый розовый берилл из копи «Мокруша».

Окраска воробьевита от бледной до глубокой розовой, иногда с желтоватым или оранжево-красным оттенком, который исчезает при нагревании, предположительно связывается Д. Л. Вудом и К. Нассау с присутствием ионов Mn^{2+} , а С. В. Грум-Гржимайло, В. Г. Фекличевым, А. Н. Платоновым и др. с Mn^{3+} и иногда и Li^+ и Cs^+ . В оптических спектрах поглощения воробьевитов наблюдаются слабые широкие полосы поглощения сложной формы с нечетко выраженными максимумами в области $\sim 18\,500\text{ см}^{-1}$, $\sim 20\,600\text{ см}^{-1}$ (неполяризованные оптические спектры) и $\sim 18\,000\text{ см}^{-1}$, $\sim 18\,500\text{ см}^{-1}$, $\sim 20\,200\text{ см}^{-1}$ (поляризованные оптические спектры) [28].

В розовых бериллах наблюдается отчетливый плеохроизм: N_e — бледно-розовый, N_o — голубовато-розовый до бесцветного. Кристаллы розового берилла в отличие от изумрудов и аквамаринов имеют коротко-призматический или толсто-таблитчатый облик. Величина $n_o = 1,578—1,600$, $n_e = 1,572—1,592$, $n_o - n_e = 0,008—0,009$. Плотность $2,71—2,90\text{ г/см}^3$ — максимальная плотность, известная у различных разновидностей берилла, что обусловлено высоким содержанием в них щелочей (Li, Cs, K, Rb). В связи с высокими концентрациями Li и Cs предлагалось даже выделять воробьевит как отдельный минерал с формулой $Cs\ Li\ Be_2\ Al_2\ [Si_6\ O_{18}]$. Воробьевиты в отличие от других бериллов в ультрафиолетовых лучах люминесцируют бледно-фиолетовым светом. У розовых бериллов о. Эльба наблюдается яркое голубовато-белое свечение. В рентгеновских лучах все они светятся темно-красным цветом.

Розовые бериллы в ювелирных изделиях можно легко принять за кунцит, розовый топаз, благородную шпинель, фианит, ИАГ, стекло и др. Диагностику производят по важнейшим физическим свойствам (табл. 11) и характер-

Таблица 11 Диагностические нита) и его имитаций

Название	Твердость	Показатели преломления	Двупреломление
Воробьевит (морганит)	7,5—8	$n_o=1,578—1,600$ $n_e=1,572—1,592$	0,008—0,009
Кварц розовый и аметист	7	$n_o=1,544$ $n_e=1,553$	0,009
Корунд природный розовый, синтетический	9	$n_o=1,765—1,778$ $n_e=1,757—1,768$	0,008—0,009
Кунцит	6—7,5	$n_g=1,665—1,682$ $n_m=1,660—1,669$ $n_p=1,653—1,670$	0,012
Топаз	8	$n_g=1,618—1,643$ $n_m=1,610—1,636$ $n_p=1,607—1,633$	0,003—0,010
Тугтупит	4—6,5	$n_o=1,495—1,496$ $n_e=1,499—1,502$	0,004—0,006
Турмалин-рубеллит:			
эльбаит	7—7,5	$n_o=1,640—1,655$ $n_e=1,615—1,620$	0,017—0,024
лидикоатит	7—7,5	$n_o=1,637$ $n_e=1,621$	0,016
Шпинель:			
природная	8	$n=1,712—1,719$	Изотропный
синтетическая	8	$n=1,722—1,728$	Изотропный, часто аномально анизотропный
ИАГ	8,5	$n=1,832—1,872$	Изотропный
Фианит	8	$n=2,15—2,18$	—,—
Стекло	5	$n=1,44—1,77$	—,—

ным для всех бериллов узким трубчатым каналам, газово-жидким и жидким включениям. Цены на розовые бериллы непостоянны. Так, в 1980 г. в США камень массой от 5 до 10 кар оценивался в 6—20 дол./кар. Иногда эти цены значительно возрастают.

Бериллы красивого, густо-красного, землянично- и вишнево-красного цвета найдены в 1905 г. на месторождении Топаз Маунтин в шт. Юта (США). В 1912 г. они получили название биксбиит по имени М. Биксби, составившего каталог минералов шт. Юты. Биксбиит малиново-красного цвета был обнаружен также на западном склоне Блэк Рейндж в шт. Нью-Мексико, США. Кристаллы биксбиита имели вид толстых гексагональных пластин размером

свойства воробьевита (морга-

Дисперсия	Плеохроизм	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции в ультрафиолетовых лучах
0,014	Слабый	2,71—2,90	Бледно-фиолетовый, голубовато-белый
0,013	„	2,65	—
0,018	„	3,99—4,10	—
			Красный, розовый
0,017	Отчетливый	3,0—3,2	Золотисто-розовый, оранжевый, желтый
0,014	— „ —	3,50—3,57	Оранжево-желтый (365 нм), зеленовато-белый (254 нм)
	Сильный	2,30—2,57	Красный, оранжево-красный, оранжевый
0,017	Отчетливый	3,03—3,10	—
0,017	— „ —	3,02—3,08	—
0,020	—	3,50—3,70	Красный
0,020	—	3,59—3,63	Красный
0,028	—	4,57—6,69	Белый, розовый, сиреневый, желтый
0,059—0,065	—	5,5—5,9	Розовый, желтый, оранжевый (365 нм), оранжевый, белый, зеленоватый (254 нм)
0,010	—	2,0—4,5	Желтый, голубой, фиолетовый, зеленый

1—5 мм, но не более 10 мм; $n_o=1,576$, $n_e=1,570$, $n_o-n_e=0,006$, плотность 2,67 г/см³. Окраска обусловлена примесью ионов Mn^{3+} . В спектрах поглощения наблюдаются полосы поглощения 18 600 см⁻¹ и 20 500 см⁻¹ [28].

Желтые и золотистые бериллы

Желтые бериллы известны под названием гелиодоры (от греч.—солнечный). Иногда гелиодорами называют лимонно-желтые и оранжевые бериллы, а давитсонитами — золотистые. Однако последнее название 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+} . В оптических спектрах поглощения таких бериллов наблюдаются полосы поглощения: 28 000—37 000 см^{-1} (Fe_4^{3+}) и 39 300—46 000 см^{-1} (Fe_6^{3+}) [28].

Гелиодоры порой отличаются исключительной чистотой и прозрачностью, например редкой красоты ярко-золотистые бериллы Забайкалья. Иногда встречаются зонально окрашенные кристаллы. А. Е. Ферсман [43] описал 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°C . Кристаллы при этом становятся бесцветными или голубоватыми. В гелиодорах наблюдается отчетливый дихроизм: N_e — желтый, красновато-желтый, N_o — золотисто-желтый. Величина $n_o = 1,570—1,591$, $n_e = 1,566—1,584$, $n_o - n_e = 0,004—0,007$; плотность 2,67—2,69 г/см^3 .

Большая часть гелиодоров добывается в Бразилии, хотя месторождения гелиодора известны и в Намибии, Шри-Ланке, США, на Мадагаскаре. В США на месторождении Стоунхем Тауншип найден берилл, масса которого в обработанном виде 133,8 кар. Берилл из копи Мерриал (США, шт. Коннектикут) был оценен в 20 тыс. дол.

За гелиодор могут быть приняты цитрин, хризоберилл, топаз, корунд, апатит, турмалин, ортоклаз, сингалит, синтетическая шпинель, стекла. Среди свойств и особенностей гелиодора, имеющих диагностическое значение, следует выделить довольно низкие показатели преломления, двупреломления, плотность, характерные линии поглощения и наличие жидких и газовой-жидких включений, расположенных в трещинах и трубчатых каналах. Цены на желтые и оранжевые бериллы 12—25 дол./кар (США, 1980 г.).

Бесцветные бериллы

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

Плоские, иногда пластинчатые кристаллы берилла, бес-

цветные или светло-розовые, обогащенные обычно литием и цезием и формирующиеся на заключительных стадиях пегматитового процесса, называют ростеритами. Кристаллы с о. Эльба иногда имеют зональную окраску: прозрачные бесцветные зоны у них наблюдаются только по периферии. П. В. Еремеевым описан постепенный переход зеленого берилла в бесцветный. Величина $n_o = 1,566 - 1,602$, $n_e = 1,562 - 1,594$, $n_o - n_e = 0,004 - 0,008$, плотность $2,63 - 2,91$ г/см³.

Большого практического значения как ювелирные камни бесцветные бериллы не имеют. Однако в некоторых старинных ювелирных изделиях встречаются ограненные бесцветные бериллы (например, в окладах икон, хранящихся в музее г. Витебска). В целом бесцветные бериллы интересны только для коллекционеров.

ХРИЗОБЕРИЛЛ

Хризоберилл принадлежит к числу драгоценных камней, известных с давних времен. Цвет его золотисто-желтый (от греч. χρυσός — золотой). Огромной популярностью пользовались камни с эффектом «кошачьего глаза» — цимофаны. Первоначально так называли переливчатые разности хризоберилла, но позже кошачий глаз стали называть и другие камни с этим эффектом — кварц, турмалины и др. Согласно Плинию Старшему, кошачий глаз называли звездовиком. В «Изборнике Святослава» этому камню приписывали магические свойства: он якобы предохранял от проказы, чесотки и т. п., а также от алкоголя. Одна из разновидностей хризоберилла — александрит имеет изумрудно-зеленую окраску при дневном свете и фиолетово-красную при электрическом.

Химическая формула хризоберилла — $BeAl_2O_4$. Могут присутствовать примеси Fe, Cr, Mn, Zn, Co, Sn, Ga, Ti, Pb. Хризоберилл кристаллизуется в ромбической сингонии ромбо-бипирамидального класса симметрии. Кристаллы таблитчатой или призматической формы обычно образуют двойники и тройники с плоскостью двойникования (031), имеющие вид псевдогексагональных кристаллов. На гранях {100} часто наблюдается штриховка. Цвет хризоберилла разнообразен. Желтая и зеленовато-желтая окраски объясняются присутствием ионов Fe^{3+} , а александритовая — ионов Cr^{3+} .

Способность александрита изменять окраску в зависи-

мости от характера освещения объясняется положением полос поглощения ионов Cr^{3+} в оптическом спектре, связанным с переходами ${}^4\text{A}_{2g} \rightarrow {}^4\text{T}_{2g} \rightarrow {}^4\text{T}_{1g}$. Для таких полос поглощения, по данным Э. Фарелла и Р. Ньюхема, длины волн 415 нм и 580 нм являются критическими: 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 и колеблется от 410 до 420 и от 565 до 595 нм. «Окна» между полосами поглощения переходов $\rightarrow {}^4\text{T}_{1g}$ и $\rightarrow {}^4\text{T}_{2g}$ в спектре александрита пропускают спектр солнечного света с максимумом интенсивности в зеленой области, поэтому при дневном свете минерал кажется зеленым. Длинноволновое излучение лампы накаливания пропускается «окном» в красной области (более 600 нм), что обуславливает красную окраску камня [28]. Кажущееся резкое изменение окраски александрита связано с физиологическими особенностями восприятия человеческого зрения, наиболее чувствительного к зеленому свету (рис. 23).

Блеск хризоберилла стеклянный, спайность ясная по {110}, несовершенная по {010} и слабая по {001}. Твердость 8,5. Микротвердость 16 592—18 896 МПа. Плотность 3,64—3,77 г/см³, (у александрита 3,68—3,77 г/см³). Показатели преломления: $n_g=1,755-1,759$, $n_m=1,748-1,753$, $n_p=1,745-1,749$; $n_g=1,753-1,758$, $n_m=1,747-1,749$, $n_p=1,744-1,747$ (александрит), $n_g-n_p=0,008-0,011$. Дисперсия показателей преломления — 0,015. Хризоберилл — минерал оптически двусный, положительный, $2V=70^\circ$. Характерен плеохроизм: для желтых и зеленовато-желтых камней — в желтых и коричневых тонах, для александрита по N_g — фиолетово-красный, N_m — оранжевый, N_p — изумрудно-зеленый.

В ультрафиолетовых лучах александриты иногда светятся красным цветом.

Для некоторых разностей характерны микроскопические каналы или волокнистые включения, расположенные параллельно кристаллографической оси. При обработке такого камня в форме кабошона появляется широкая серебристо-белая полоса света, которая в виде «играющего луча» рассекает его надвое и создает эффект кошачьего глаза. Цимофаны встречаются редко. Хризобериллу обыч-

но придают бриллиантовую или ступенчатую форму, а цимофан кабошонировуют.

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 или слабопросвечивающими. Друза находится в Минералогическом музее АН СССР им. А.Е.Ферсмана. В музее Горного института в г. Ленинграде 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 Смитсоновском институте г. Вашингтона хранятся серый кошачий глаз из Шри-Ланки в 1715 кар, цимофаны массой 171 кар серо-зеленого цвета, желто-зеленый хризоберилл массой 114,3 кар из Бразилии и зеленый массой 120,5 кар из Шри-Ланки, александрит массой 65,7 кар. В частных коллекциях США имеются хризоберилл массой 185 кар и цимофан массой около 300 кар. В сокровищнице английских королей находится кошачий глаз из Шри-Ланки массой 313,2 кар.

Хризобериллы встречаются в бериллоносных пегматитах шт. Минас-Жерайс (Бразилия), Шри-Ланки и Мадагаскара, США (в штатах Колорадо, Коннектикут и Мэн), а также среди флогопитовых слюдитов — аналогов грейзенов. Главный поставщик этого драгоценного минерала — Бразилия, где он добывается из аллювиальных россыпей вместе с турмалином, топазом, гранатом и др. Второе по значению место в добыче хризоберилла занимает Шри-Ланка, где драгоценные камни извлекают на юге страны из галечников. Хризоберилл здесь представлен 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. Уральские александриты считались лучшими и являлись эталоном качества. В последние годы хризобериллы, особенно александриты и цимофаны, очень редки. В настоящее время

регулярная добыча их в небольших масштабах ведется в Шри-Ланке, Индии (шт. Керала), Бразилии. По данным США (1980 г.) цены на александрит на уровне оптовой торговли массой от 1 до 2 кар из Шри-Ланки составляют 1500—3000 дол./кар, из Бразилии — 450—750 дол./кар, на желтый, желтовато-зеленый хризоберилл при массе камней 1—5 кар — 70 дол./кар, а 5—10 кар — 70—125 дол./кар. Основные районы добычи цимофана — россыпи Шри-Ланки и Мадагаскара.

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 за 250 лет до н. э. В странах Востока — это символ верности и надежды, однако в Европе существовало поверье, что опал приносит несчастье.

Цвет благородного опала белый, серый или черный. Плиний Старший писал, что главное достоинство опала — опалесценция, т. е. способность «излучать последовательно различные лучи под действием солнечного света». Опалесценция вызывает разнообразную игру цвета, в связи с чем выделяют ряд разновидностей опала: арлекин, или восточный опал, с разнообразной пятнистой опалесценцией на огненном фоне; кошачий глаз (редчайшая, наиболее дорогая разновидность) с концентрически зональной опалесценцией в ярко-зеленых тонах; царский опал — с темно-красным или бронзовым ядром, изумрудно-зеленой каймой и неокрашенной внешней зоной; джиразоль — просвечивающий голубоватый, голубовато-белый опал с красновато-золотистой опалесценцией; огненный, или пламенный, опал — красноватый или оранжевый с огненными отблесками, обычно неопалесцирующий, иногда с иризацией; лейкозос — молочно-зеленый опал с опалесценцией в зеленых и карминных тонах.

Представляют интерес и некоторые разновидности обыкновенных опалов, не обладающих опалесценцией: кахолоф — фарфоровидный опал (рис. 24), 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 деревянистый опал, представляющий собой псевдоморфозы опала по дереву, часто сохраняющие рисунок структуры дерева.

Химическая формула опала $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Он является кремнеземом, содержащим переменное (6—10%) количество воды, которая со временем, особенно при нагревании, может теряться, что приводит к некоторому его помутнению и растрескиванию. Часто он содержит примеси Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , TiO_2 , MnO , Cr_2O_3 и других веществ, которые могут оказывать влияние на окраску и некоторые другие свойства.

Большинство благородных опалов, согласно классификации Дж. Джонса и Е. Сегнита, представлены разупорядоченным аморфным опалом. Кахолонг, большинство деревянистых опалов, обыкновенные черные опалы состоят из разупорядоченного α -кристобалита и α -тридимита. Встречаются опалы, состоящие из упорядоченного α -кристобалита с незначительным количеством тридимита.

Электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что благородные опалы состоят из однородных по размеру частиц кремнезема диаметром 150—450 нм, расположенных по принципу кубической, иногда гексагональной упаковки. Эти сферические частицы, в свою очередь, сложены беспорядочно расположенными мелкими глобулами диаметром 10—50 нм. Пустоты между сферами заполнены аморфным кремнеземом, воздухом, водяным паром, игольчатыми или неправильной формы кристаллами тридимита и кристобалита. Сферы действуют как трехмерная дифракционная решетка, разлагая свет и вызывая опалесценцию. Наиболее яркая цветовая игра возникает при значительной разнице в оптических свойствах сфер и цемента, заполняющего пустоты между ними. Это имеет место в черных опалах, обладающих опалесценцией неповторимой красоты. Опал оптически изотропен, иногда с аномальным двупреломлением. Показатель преломления — 1,435—1,470, у мексиканских опалов — 1,37. Блеск стеклянный. Плотность 1,9—2,3 г/см³. Твердость 5—6,5. Хрупкий. В ультрафиолетовых лучах у опалов может наблюдаться белое, голубоватое, зеленоватое свечение, а у огненных опалов — желтое, красное, коричневое свечение.

Возникновение благородных опалов связано с гидротермальными поствулканическими образованиями и древними корадами выветривания. 95% мировой добычи опалов приходится на Австралию. Первые упоминания об откры-

тии опалов в Австралии в шт. Квинсленд относятся к 1872 г., в 1877 г. были найдены опалы в шт. Новый Южный Уэльс. В 1979—1980 гг. в Австралии было добыто опалов на сумму 64 млн. дол., причем 80% на месторождениях Андамука, Кубер Педи и Минтаби на севере Южной Австралии. Лучшие черные опалы поставляются из Лайтнинг-Ридж, расположенного в центре северной части Нового Южного Уэльса. Месторождения опала известны также в ЧССР (Либанка, Симонка), Мексике (Керетаро и др.), Гондурасе, США (штаты Войоминг, Невада, Аризона, Орегон и др.), СССР (Карпаты, Казахстан, Кавказ и др.).

В последние годы спрос на опалы, особенно черные, значительно вырос, в связи с чем наблюдалось и повышение цен на них. Так в 1974 г. усредненная цена черных опалов (камни в 3 кар) 300 дол./кар, а в 1979 г.— 500 дол./кар. Цена белого опала (камней в 5 кар) в 1974 г.— 60 дол./кар, в 1979 г.— 75 дол./кар. 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.

ГРАНАТЫ

Гранаты — распространенные и популярные ювелирные камни. Огненно-красный пироп, глубокий красный и красно-фиолетовый альмандин, зеленый демантоид, изумрудно-зеленый уваровит, коричнево-красный гессонит и другие издавна сверкали во многих украшениях (рис. 25). Персы считали эти камни королевскими; на поверхности граната вырезали профиль властелина. Гранату приписывали 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 гранатового дерева, отсюда и название — гранат (от лат. *granatus* — подобный зернам). Употребляют и старое русское название — «вениса». Встречаются гранаты в природе часто, однако образцы хорошего качества редки.

По химическому составу и структуре гранаты относятся к островным силикатам с общей формулой $R_3^{2+}R_2^{3+}$

$[\text{SiO}_4]_3$, где R^{2+} — Ca, Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , а R^{3+} — Al, Fe^{3+} , Cr, реже Ti и V. Гранаты разделяют на две подгруппы, по А. Винчеллу и В. Винчеллу: железо-магнезиально-марганцевые пиральспиты — пироп, альмандин, спессартин и кальциевые уграндиты — уваровит, гроссуляр, андрадит. Внутри подгрупп наблюдаются широкие изоморфные замещения, между подгруппами изоморфизм проявлен ограниченно. Гранаты относятся к кубической сингонии гексоктаэдрического класса симметрии. Часто они образуют совершенные кристаллы в форме ромбододекаэдров, тетрагонтриоктаэдров или их комбинаций. Характеристика свойств гранатов приведена в табл. 12.

ПИРОП

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

Пироп является магниальным гранатом с формулой $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, однако в нем обычно присутствуют в том или ином количестве миналы других гранатов (альмандиновый, спессартиновый, уваровитовый и др.). Гранаты пироп-альмандинового изоморфного ряда с промежуточным составом Б. Андерсон предлагает называть «пирандинами». Чистый пироп должен быть бесцветным, однако благодаря постоянному наличию в нем примесей обычно он имеет красную, розовую, красновато-фиолетовую, оранжево-красную, фиолетовую, малиновую, вишневую окраску; встречаются пиропы с александритовым эффектом.

Основной примесью, определяющей окраску пиропы, являются ионы Cr^{3+} , которые изоморфно замещают ионы Al^{3+} в структуре граната и вызывают в оптических спектрах полосы поглощения $\sim 17700 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 24100 \text{ см}^{-1}$ [28]. В высокохромистых кроваво-красных чешских и якутских пиропы содержится также значительное количество Fe^{3+} . Примесь Fe^{3+} в гранатах с малым содержанием Cr^{3+} определяет красновато-оранжевую окраску. Александритовый эффект может проявляться в пиропы по-разному. В высокохромистых пиропы (содержание Cr_2O_3 5 масс. конц. %) —

Таблица 12 Физиче

Название	Химическая формула	Цвет
Пироп	$Mg_3Al_2 [SiO_4]_3$	Красный, фиолетово-красный, оранжевый, розовый, фиолетовый, с александритовым эффектом
родолит		Розовый, красновато-розовый
Альмандин	$Fe_3Al_2 [SiO_4]_3$	Красный, фиолетово-красный, коричнево-красный, темно-красный
Спессартин	$Mn_3Al_2 [SiO_4]_3$	Оранжевый, красновато-оранжевый, желто-коричневый, розовый
Уваровит	$Ca_3Cr_2 [SiO_4]_3$	Зеленый, изумрудно-зеленый
Гроссуляр	$Ca_3Al_2 [SiO_4]_3$	Зеленый, желтовато-зеленый, белый
гессонит		Медово-желтый, медово-оранжевый, коричневый, коричнево-красный, желтый
тсаворит		Зеленый, бледно-зеленый, голубовато-зеленый, бесцветный
лейкогранат		Бесцветный
розолит		Розовый
Андрадит	$Ca_3Fe_2 [SiO_4]_3$	Красный, черный
демантоид		Зеленый, желтовато-зеленый
топазолит		Желтый
меланит (шорломит)		Черный

из некоторых алмазоносных кимберлитовых трубок Западной Якутии и Южной Африки наблюдается голубая, синяя, фиолетово-синяя окраска при дневном ($\lambda = 547$ нм) и фиолетово-красная — при искусственном ($\lambda = 610$ нм) освещении. В пироплах из якутских кимберлитовых трубок, отличающихся высоким содержанием уваровитового минерала, наблюдается зеленая окраска при дневном и красная — при искусственном освещении [28]. По данным К. Шметцера, Г. Банка, Е. Гюбелина хром- и ванадий-содержащие гранаты пироп-спессартинового ряда из Танзании, Восточной Африки и Шри-Ланки имеют зеленовато-голубую окраску при дневном освещении и красную, карминово-красную при искусственном. Оранжевая, розо-

ские свойства гранатов

Показатель преломления	Дисперсия	Плотность, г/см ³	Твердость
1,705—1,785	0,022	3,65—3,87	7—7,5
1,745—1,761	0,026	3,79—3,93	7—7,5
1,780—1,810	0,024	3,95—4,20	7,5
1,790—1,820	0,027	4,12—4,20	7—7,5
1,740—1,870	0,026	3,40—3,80	7,5
1,738—1,745	0,027	3,60—3,65	7—7,5
1,742—1,748	0,027	3,50—3,75	
1,731—1,732	0,027	3,62	
1,737	0,027	3,506	
1,895	0,027	3,75	6,5—7
1,840—1,890	0,057	3,75—3,85	6,5—7
1,840—1,890	0,057	3,75—3,85	6,5—7

вато-оранжевая окраска пирандинов обусловлена наличием в них ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , а иногда и Ti^{4+} .

Пироп встречается обычно в виде округлых зерен, реже в виде правильных, хорошо образованных кристаллов размером от долей до 10 мм. Более крупные кристаллы чрезвычайно редки. Пиропы уникальных размеров, например массой 633,4 и 468,5 кар, хранятся в ГДР (г. Дрезден) в музее «Зеленый свод» — это пиропы из Среднечешских гор; довольно много крупных пиропов в Венском музее истории искусств в Австрии и в Музее чешских гранатов в ЧССР, в последнем самый крупный камень имеет размер 12,3×8,6 мм и массу 13,2 кар.

Твердость пироба — 7—7,5. Спайность несовершенная.

В зависимости от состава наблюдаются колебания показателя преломления от 1,705 до 1,785 и плотности — от 3,65 до 3,87 г/см³. Дисперсия показателя преломления — 0,022. В пиробах наблюдаются включения рутила, роговой обманки, циркона, хромдиоксида, магнетита и ряда других минералов, имеющих диагностическое значение.

По Е. Я. Киевленко, месторождения пироба связаны с магматическими ультраосновными породами (кимберлитами, гранатовыми перидотитами и пироксенитами), базальтовыми брекчиями, а также аллювиальными и элювиально-делювиальными россыпями, образовавшимися в результате разрушения этих пород. Основным источником добычи пироба — базальтовые эруптивные брекчии и их элювиально-делювиальные россыпи. Такого типа месторождения известны в Среднечешских горах, где добыча пироба ведется с XIII в. Пироб встречается там в вулканических трубках («Лингорка», «Холм Бота» и др.), которые, по мнению ученых, представляют собой разновидность диатрем, связанных с щелочно-базальтовым магматизмом. При разрушении вулканических брекчий трубок образовались «пиробоносные галечники», относимые к элювиально-делювиальному типу россыпей. Чешские пиробы отличаются густым красным цветом с кровавым или винно-красным оттенком. Выход ювелирного сырья в россыпях 40%.

Пиробы Среднечешских гор долгое время не имели конкурентов на мировом рынке. Значение чешских гранатов несколько уменьшилось после того, как стали добывать пиробы из южноафриканских алмазоносных 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 пиробы отличаются красивым цветом и значительными размерами. Известны пиробы и в Танзании. Красивые пиробы обнаружены также в США, Бразилии, Аргентине, Австралии, Норвегии.

В некоторых кимберлитовых трубках Якутии также найдены ювелирные пиробы. Гранат встречается в кимберлитах, а также в ксенолитах оливинсодержащих и безоливиновых ультрабазитов, эглогитов, эглогитоподобных пород и кристаллических сланцев, среди которых особый интерес представляют гранаты ксенолитов оливинсодержащих ультрабазитов и гранаты основной массы кимбер-

литов, идентичные по свойствам и составу гранатам таких ксенолитов. Эти гранаты характеризуются хорошей сохранностью. Цвет их красно-фиолетовый и малиновый, размер, как правило, 1—2 мм в поперечнике. Можно использовать и оранжево-желтые гранаты из эклогитов. Пиропы присутствуют и в аллювиальных россыпях алмазоносных трубок Якутии. Вызывает интерес попутное их извлечение при добыче алмазов. Согласно техническим требованиям, ювелирным сырьем могут считаться пиропы красного, темно-красного и лилово-красного цвета, с равномерной интенсивной окраской и размером зерен $5 \times 5 \times 5$ мм (I сорт) или $4 \times 4 \times 4$ мм (II сорт). Оптовые цены на пиропы в США в 1980 г. составляли на камни в 1—4 кар 3—4 дол./кар, в 4—8 кар — 5—8 дол./кар.

Диагностика пиропы не вызывает больших затруднений. Наиболее трудно отличить его от красной шпинели, имеющей более низкую плотность, линию поглощения 540 нм и часто красную люминесценцию в ультрафиолетовых лучах. Пироп можно спутать с рубином (твердость 9, анизотропный, обладает отчетливым дихроизмом и красной люминесценцией в ультрафиолетовых лучах), турмалином (анизотропный, имеет дихроизм, более низкие показатели преломления и плотность), синтетическими материалами (иные физические свойства и включения).

Родолит по составу является средним членом изоморфного пироп-альмандинового ряда. Его красивая розовая, красновато-розовая окраска, согласно данным Б. Мэртинга и Г. Джонса, связана с наличием в нем ионов Fe^{2+} . Встречается он в виде хорошо образованных кристаллов размером до 2 см. Известны отдельные находки более крупных кристаллов, например, родолит из шт. Северная Каролина (США) имел массу 43,3 кар (в ограненном виде ~ 14 кар), еще более крупный, массой 74,3 кар родолит был найден в Танзании. Твердость родолита — 7—7,5. Спайность несовершенная. Показатель преломления — 1,745—1,761, дисперсия — 0,026. Плотность 3,79—3,93 г/см³. Месторождения родолита связаны с метаморфическими гиперстеновыми гнейсами, в которых он встречается в виде вкрапленников. Таковы месторождения в США (шт. Северная Каролина), которые в XIX в. в основном были уже отработаны. Ювелирный родолит добывался попутно с абразивными гранатами. Встречается родолит также в Танзании, Зимбабве, Шри-Ланке, на Мадагаскаре.

Однако имеющиеся месторождения не полностью удовлетворяют спрос на этот красивый ювелирный камень. В связи с чем наблюдается повышение цен на родолит. Так, в 1982 г. стоимость ограненного камня массой 1,5 кар (наиболее ходового размера) в зависимости от качества была равна 40—300 дол./кар, что в 3 раза выше, чем в 1977 г. За этот же период цена родолита в сырье возросла в 17 раз и составила 3,5 дол./кар камня массой 1—2 г.

Альмандин

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 альмандина: карбункул (так называли и пиропы), антракс, карфукельштейн, восточный гранат, сирийский гранат (Сирия — 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 ионов Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} и др.

Окраска альмандина связана, прежде всего, с ионами Fe^{2+} , при уменьшении концентрации которых наблюдается некоторое ослабление цвета камня [50], уменьшение его густоты. Присутствие ионов Fe^{3+} и Mn^{2+} приводит к появлению красных и оранжевых оттенков в альмандинах [28]. В оптических спектрах поглощения альмандинов отмечаются полосы поглощения с максимумами (см^{-1}): ~ 4500 , ~ 5800 , ~ 7600 , 14 300, 16 300, 17 500, 19 200, 19 800, 21 500, 23 500, 25 000, 27 400. 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 Смитсоновском институте в США

хранится звездчатый альмандин из шт. Айдахо (США) массой 174 кар.

В нашей стране в качестве ювелирного сырья применяют альмандины красного, оранжевого, вишневого цвета, с равномерной окраской различной интенсивности и размером кристаллов $5 \times 5 \times 5$ мм (I сорт) и $4 \times 4 \times 4$ мм (II сорт). Твердость альмандин — 7,5. Спайность несовершенная. 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 размывом метаморфических пород — кристаллических сланцев и гнейсов альмандин-амфиболитовой фации, микроклиновых мусковит-берилловых пегматитов и эффузивов среднего и кислого состава.

Лучшими альмандинами славится Шри-Ланка. Хорошие камни поставляют Индия и Бразилия. Встречаются альмандины в США (Аляска, Форт-Врангель, штаты Колорадо, Южная Дакота, Мичиган, Нью-Йорк, Пенсильвания, Коннектикут, Мэн, Калифорния), Канаде, Австрии, Японии, Танзании, Замбии и на Мадагаскаре. 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 — Китильское (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 качества и цвета выше, чем пиропов. Стоимость ограненных камней массой от 1 до 4 кар (оптовые цены в США на 1980 г.) достигает 30 дол./кар.

Отличить от пироба альмандин порой бывает очень сложно, тем более что они образуют изоморфный ряд, у членов которого наблюдается постепенное увеличение значений плотности и показателей преломления с возрастанием содержания альмандинового минала. К диагностическим признакам альмандин, по которым его можно отличить не только от других красных гранатов, но и от шпинели, рубина и др., относятся высокие показатели преломления и плотность, характерные линии

поглощения, частое наличие узоров аномального двупреломления, игольчатые включения рутила, пересекающиеся под углами 70° и 40° .

Спессартин

Спессартин — довольно распространенный минерал пегматитов, однако его ювелирные разновидности встречаются редко. Чаще всего находят сильнотрещиноватые, малопрозрачные кристаллы, непригодные для ювелирных целей. Название свое он получил по местности Шпессарт в Баварии, где он был впервые обнаружен. Представляет интерес одна из разновидностей спессартина — эспессандит, содержащая алмандиновую составляющую. По составу это силикат марганца и алюминия — $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$, в котором часто имеют место различные изоморфные замещения, прежде всего марганца двухвалентным, а алюминия — трехвалентным железом. Размеры кристаллов спессартина ювелирного качества незначительны. В Бразилии и на Мадагаскаре обнаружены уникальные образцы спессартина массой более 100 кар. В Смитсоновском институте хранятся спессартины из Бразилии массой 109 и 53,8 кар и из США (шт. Виргиния) — 40,1 кар, а в Американском музее естественных наук — массой 96 кар. Красивый спессартин массой 12,01 кар экспонируется в Геологическом музее Лондона [44].

Красота спессартинов определяется их цветом: оранжевым, красно-оранжевым, желто-коричневым. Окраска эспессандита густая, в красных тонах. Цвет спессартина зависит от присутствия в нем ионов Mn^{2+} и ионов Fe^{2+} . В спектрах поглощения спессартина наблюдаются линии поглощения: 495, 484, 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 — 1,79—1,82, дисперсия — 0,027. В спессартине довольно часто наблюдаются жидкие включения.

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

Стоимость спессартинов довольно высока. В США оптовые цены на камни массой в 1—4 кар оранжевого

цвета составляли в 1980 г. 80.—100 дол./кар, красно-коричневого — 20—35 дол./кар.

Обрабатывают спессартины в соответствии с качеством, цветом и прозрачностью исходного материала. При диагностике наиболее часто его путают с гессонитом, от которого он отличается по включениям и характерным линиям поглощения. Кроме того, спессартин можно принять за циркон (анизотропный), гелиодор (анизотропный, ниже плотность и показатели преломления) и синтетические материалы.

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 с формулой $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$. Обычно встречается в виде мелкозернистых агрегатов и щеток, кристаллы в которых не превышают 2—3 мм, чаще размером 1 мм. Более крупные кристаллы встречаются очень редко. Так, кристаллы размером до 1,5 см обнаружены в Финляндии. Твердость уваровита — 7,5, спайность совершенная, 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 в брошах, кольцах, браслетах.

Гроссуляр

Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ название получил из-за своего зеленого цвета, напоминающего цвет ягод крыжовника (*grossularia*, лат). Малопрозрачные различного размера кристаллы гроссуляра, имеющие форму ромбододекаэдров, тетрагонтриоктаэдров и др., довольно редко при-

меняются в качестве ювелирного камня. В этом отношении представляют интерес светло-зеленый гроссуляр из Пакистана, известный также под названием «пакистанский изумруд», прозрачный коричневатозеленый гроссуляр из Якутии и некоторые другие. Стоимость камней от 1 до 3 кар составляла в 1980 г. в США 20—40 дол./кар (оптовая цена).

Окраска гроссуляра связана с примесью ионов Fe^{3+} и Fe^{2+} . Твердость — 7—7,5, спайность несовершенная, показатель преломления — 1,738—1,745, дисперсия — 0,027, плотность 3,60—3,65 г/см³. Образуется гроссуляр в известковых скарнах и гидротермально измененных серпентинитах и габбро.

В 1968 г. в скарновых мраморах в Кении и Танзании (месторождения Лалатема, Миралани, Луаленья и др. в районах Тейта и Тавета) был обнаружен ванадиевый гроссуляр зеленого цвета различной интенсивности и оттенков — от почти бесцветного, бледно-зеленого, голубовато-зеленого до густо-зеленого. Он был назван тсаворитом (тзаворитом, цаворитом) по наименованию Национального парка Тсаво в Кении. Тсаворит быстро стал одним из самых популярных и дорогих ювелирных камней. Стоимость ограненного тсаворита (массой 1 кар) лучшего качества достигает 1450 дол. (1983 г.), а камней массой от 3 до 6 кар — до 1599 дол./кар (США, 1980 г.— оптовая цена).

Окраска тсаворита обусловлена примесью ионов V^{3+} , определяющих наличие полос поглощения $\sim 16\,500$ и $\sim 23\,500$ см⁻¹, а также примесью ионов Fe^{3+} . Тсаворит может люминесцировать в ультрафиолетовых лучах золотисто-желтым, желтым и оранжевым цветом. Имеет показатель преломления 1,731—1,732 до 1,740, плотность 3,62—3,68 г/см³, твердость 7. Бесцветный гроссуляр — лейкогранат — известен в Канаде, Мексике, США (шт. Калифорния). Он имеет показатель преломления 1,737, плотность 3,506 г/см³. Красивого нежно-розового цвета гроссуляр, окрашенный примесью ионов Mn^{3+} , встречается в мраморах Мексики. Его название связано с окраской — розолит (камень розового цвета) или местом находки — ландерит, или ксалостоцит.

Наиболее известная издавна разновидность гроссуляра — гессонит (эссонит), или «коричный камень». Название он получил от греч. $\eta\sigma\sigma\omega\nu$ (гэссон) — меньше, слабее, из-за более низкой твердости по сравнению с

гиацинтом, на который он похож. Второе наименование гессонита связано с медово-желтым, медово-оранжевым, коричневым, коричнево-красным и желтым цветом, напоминающим цвет корицы. Окраска гессонита обусловлена примесью ионов Fe^{3+} , замещающих ионы Si^{4+} [28]. В спектрах поглощения гессонитов обнаруживаются полосы (cm^{-1}): 19 000, 21 000, 24 500. В музеях Советского Союза и других стран 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. Самые лучшие гессониты поступают из комплексных россыпей Шри-Ланки, 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 встречается в Альпах, на Урале (Ахматовские копи) и в других местах. Оптовая цена гессонитов массой от 1 до 3 кар 20—40 дол./кар (США, 1980 г.).

В 1979 г. в Танзании открыто крупное месторождение граната «малайя» — интенсивно-коричневого, оранжевого, бледно-розового (лососевого) цвета. Кристаллы ювелирного качества в среднем ~5 кар, иногда до 10 кар. Масса самого крупного из найденных здесь камней 49,62 кар. Стоимость ограненных камней 8—70 дол./кар (1982 г.), оптовая цена в США в 1980 г. составляла для камней от 1 до 5 кар 40—100 дол./кар, от 5 до 10 кар — 70—200 дол./кар.

Наряду с прозрачными разновидностями гроссуляра как ювелирный или поделочный камень используют минерал, известный под названием «гидрогроссуляр» (синонимы — трансваальский жад, гранатовый жад). Он описан еще в 1905 г. Корну. Формула гидрогроссуляра $Ca_3Al_2[SiO_4]_2 \cdot (OH)_4$ соответствует формуле гроссуляра, в которой один из радикалов $[SiO_4]^{-4}$ заменен четырьмя гидроксильными группами $(OH)^-$. Кристаллизуется гидрогроссуляр в кубической сингонии. Встречается в виде массивных плотных агрегатов зеленого, белого и розового цвета. Как поделочный камень используется также порода желтого или зеленоватого цвета, состоящая из гидрогроссуляра, — родингит.

Гидрогроссуляры обычно непрозрачные, просвечивают в тонких сколах, иногда полупрозрачные, отдельные участки прозрачные. Зеленая окраска его связана с примесью ионов Cr^{3+} , розовая — ионов Mn^{3+} . В рентгеновских лучах часто люминесцирует желто-зеленым цветом. Блеск стеклянный, матовый. Твердость — 6—7,5. Спайность несовершенная. Показатель преломления — 1,70—1,74. Плотность 3,45—3,56 г/см³.

Месторождения гидрогроссуляра связаны с контактами эффузивов и образующимися в результате их разрушения россыпями. Встречается трансваальский жад в ЮАР, Новой Зеландии, Пакистане. В СССР проявления гидрогроссуляровых пород известны в Казахстане, Восточной Сибири и других районах. Из гидрогроссуляра изготавливают различные изделия — бусы, браслеты, броши. При диагностике следует его отличать от нефрита, жадеита, из-за сходства с которыми получил название «жад». По сравнению с ними трансваальский жад изотропный и имеет более высокую плотность. Иногда сложно отличить его от серпентина, имеющего значительно более низкую твердость.

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, в составе которой часто возможны изоморфные замещения кальция магнием или марганцем, а трехвалентного железа — алюминием и хромом. Демантоид найден в 1868 г. Н. Норденшильдом в золотоносных россыпях около Нижне-Тагильского завода на Урале и описан в 1871 г. П. Еремеевым. В 1874 г. рабочими — отцом и сыном Калужными открыто ставшее позднее всемирно известным месторождение Сысертское. Сысертские демантоиды отличались исключительными красотой и размерами. Название (от голланд. — 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 встречается также на Чукотке.

Красивые прозрачные кристаллы демантоида обнаружены в Италии в долине Ала (итальянские горняки иногда называют их «семенами» асбеста), в золотоносных россыпях Шри-Ланки, в Конго, Заире, Швейцарии (Церматте), ВНР, 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), а в Италии — массой 144 кар. В частных коллекциях и в музеях хранятся камни массой до 15 кар.

Окраска демантоида зеленая с желтоватым, фиштакковым, изумрудным и коричневым оттенком. Цвет объясняется входжением в структуру демантоида ионов Fe^{3+} , в ярко-зеленых и изумрудно-зеленых демантоидах — совместным хромоформным действием ионов Fe^{3+} и Cr^{3+} [28]. Содержание Cr_2O_3 в таких камнях достигает 1,04% масс. Желтые оттенки, по мнению М. Н. Тарана, связаны с влиянием ионов Ti^{4+} . В оптических спектрах демантоидов наблюдаются полосы поглощения (cm^{-1}): 11 700, 16 100, 16 200, 17 400, 22 500. Известны находки демантоида с эффектом «кошачьего глаза». Твердость демантоида 6,5—7 (это самый мягкий гранат, низкая твердость и хрупкость камня несколько снижают его ценность). Спайность отсутствует. 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 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.

Форма огранки демантоида — бриллиантовая, позволяющая лучше выявить его «игру», реже ступенчатая. Камни с дефектами обрабатывают в виде кабошонов. В качестве ювелирного сырья применяют зеленый и травяно-зеленый демантоид: высший сорт — размер зерен $3 \times 3 \times 3$ мм, I сорт — $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ мм, а также светло- и золотисто-зеленый: II сорт — размер зерен $3 \times 3 \times 3$ мм, III сорт — $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ мм. Демантоид рекомендуют использовать для изготовления подвесок и ожерелий, так как для колец у него низкая твердость. Демантоиды не всегда пользовались спросом на мировом рынке. В большой моде они были, например, во Франции в конце XIX в. На мировом рынке особенно ценятся уральские демантоиды. Цены на них достигают 1500—2500 дол./кар, в то время как цены на аналогичные итальянские камни значительно ниже (1980 г.). Хорошие камни поступают в продажу в очень небольших количествах, и цены на них постоянно возрастают. В начале 80-х гг. стали разрабатывать небольшое месторождение на юге Мексики, дающее на мировой рынок демантоиды категории «меле» (самый крупный из найденных здесь камней имел массу 1,1 кар).

При идентификации демантоида наиболее сложно отличить его от хризолита, зеленого циркона, сфена, редкоземельных синтетических гранатов, мелкие камни — от изумруда. К диагностическим признакам демантоида следует отнести его оптическую изотропию, высокую дисперсию, линии поглощения, наличие включений биссолита. Волокна биссолита располагаются параллельно друг другу, расходятся пучками из одного или нескольких центров в виде так называемых «конских хвостов» или образуя «солнце».

Топазолит — прозрачная разновидность андрадита желтого, лимонно-золотистого 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 как коллекционный камень.

Меланит (от греч. «мелас» — черный), или шорломит, — разновидность андрадита черного цвета, содержащая титан; $n = 1,895$. Известен в Италии, США (шт. Ко-

лорато), ФРГ, Франции. Иногда используется в траурных церемониальных ювелирных изделиях.

ШПИНЕЛЬ

Шпинель — один из самых драгоценных камней, известных с глубокой древности. Название дано по остроконечной октаэдрической форме его кристаллов (лат. *Spinell* — шип) или из-за прекрасного блеска и «игры» камня (греч. σπινθηρ — искра), а может быть, от лат. «тёрн», цвет ягод которого напоминает окраска некоторых разновидностей шпинели. 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 прекрасный 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 копии». 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 устраниет... Если положить кристалл лала в рот, то он утолит жажду».

Благородная шпинель имеет формулу $MgAl_2O_4$. Ее разновидность цейлонит, или плеонаст, содержит примеси ионов Fe^{2+} , а ганощпинель — Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} . Магнезиальная шпинель является крайним членом изоморфного ряда подгруппы шпинели, в которую входят также такие минералы, как галаксит $MnAl_2O_4$, герцинит $FeAl_2O_4$ (его хромсодержащая разновидность называется пикотит), ганит $ZnAl_2O_4$, Sn-ганит $ZnSn_{0,2}Al_{1,8}O_4$. Прозрачные, красиво окрашенные разновидности их применяются в ювелирном деле. Минералы подгруппы шпинели кристаллизуются в кубической сингонии, гексоктаэдрическом классе

симметрии. Они встречаются в виде правильных октаэдров, иногда образующих двойники по шпинелевому закону — плоскость двойникования (111).

Размер кристаллов обычно невелик, масса не превышает 10—12 кар. Однако 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 бриллиантовый крест. Эта шпинель — один 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» — отполированный камень длиной 5 см — и «Рубин Тимура» — массой 361 кар, с вырезанными на камне именами его владельцев; одним из первых этим камнем владел Тамерлан (Тимур), отсюда и его название.

В Тегеране среди сокровищ иранского шаха были две крупные шпинели красного цвета массой приблизительно 500 и 225 кар. В Смитсоновском институте (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 Американском музее естественной истории в Нью-Йорке выставлена красная шпинель с о. Шри-Ланка массой 71,5 кар. Крупнейший образец розовой шпинели массой в 5,1 кг был найден в 1985 г. на Памире таджикскими геологами.

Магнезиальная шпинель имеет самую разнообразную окраску: все оттенки розовой и красной (рис. 26), синюю, голубую (ганошпинель), зеленую, желтую, коричневую, фиолетовую, оранжевую, лиловую, пурпурную, темно-бурую (цейлонит); встречаются бесцветная шпинель и образцы с александритовым эффектом (фиолетовая окраска при дневном и красновато-фиолетовая — при

искусственном освещении), с астеризмом в виде четырех- и шестилучевой звезды, связанным с ориентированными включениями рутила или титанита. Для галаксита характерен темно-красный цвет, герцинита — черный, пикотита — темно-зеленый, темно-коричневый, черный, ганита — зеленый, серовато-зеленый, черный.

Наиболее известна и изучена шпинель розового и красного цвета. В зависимости от оттенка окраски она имела собственные названия: кроваво-красная — рубиновая шпинель, розово-красная — рубин-балэ, или шпинель-балэ, фиолетово-красная — алмандиновая шпинель, оранжево-красная или желтая — рубицелл. Красная или розовая окраска связана с изоморфным замещением в структуре шпинели ионов Al^{3+} ионами Cr^{3+} (полосы поглощения $18\,700\text{ см}^{-1}$ и $25\,600\text{ см}^{-1}$). Фиолетовые оттенки отмечаются при замещении ионов Mg^{2+} ионами Fe^{2+} . Ионы Fe^{2+} , по данным К. Шметцера и Э. Гюбеллина, и др., могут обусловить появление александритового эффекта. Оранжевые и желтые тона наблюдаются в шпинели, содержащей ионы Cr^{3+} и Fe^{3+} . Шпинель голубого, синего цвета называли сапфировой шпинелью, или кандитом, травяно-зеленого — хлоршпинелью, темно-зеленого — плеонастом, или цейлонитом, синюю — ганошпинелью. Синюю окраску можно считать комбинированной, формирующейся при совместном присутствии ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} или Co^{2+} . Зеленая окраска ганита определяется наличием ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Красная шпинель часто имеет красную (365 нм) или лиловую (254 нм) люминесценцию в ультрафиолетовых лучах. Красным цветом люминесцирует и пурпурная шпинель (365 нм). У синей и зеленой шпинели свечение не наблюдается.

Для шпинели характерен яркий стеклянный блеск. Твердость — 7,5—8. Спайность несовершенная. Показатель преломления у чистой магнезиальной шпинели — 1,712—1,719, у ганошпинели — 1,725—1,753, цейлонита — 1,770—1,780, галаксита — 1,92, герцинита — 1,800—1,835, ганита — 1,805. Дисперсия — 0,020. В зависимости от состава меняется у минералов из подгруппы шпинели и их разновидностей и плотность (в $г/см^3$): чистая магнезиальная шпинель — 3,55—3,63, ганошпинель — 3,58—4,06, цейлонит — 3,63—3,90, галаксит — 4,04—4,20, герцинит — 4,40, пикотит — 4,42, ганит — 4,00—4,62. Месторождения шпинели связаны с кристаллическими сланцами, гнейсами, доломитовыми или магнезитовыми мраморами,

магнезиальными скарнами. Основной источник ювелирной шпинели — россыпи, образовавшиеся в основном при разрушении магнезиальных скарнов. В СССР месторождение шпинели, известное еще с XIII в., имеется на юго-западе Памира — Кухилал.

Крупные месторождения шпинели находятся в Бирме, Шри-Ланке, Кампучии, Таиланде, меньшие по масштабам — в Афганистане, Индии, Австралии, Мадагаскаре.

Обрабатывают шпинель с применением бриллиантовой или ступенчатой огранки. Астериксы кабошонируют. При обработке следует проявлять большую осторожность в связи с большой хрупкостью шпинели. Стоимость шпинели довольно высокая, но весьма значительно варьирует в зависимости от цвета, что зависит как от популярности, так и от наличия на рынке. Так, в США в 1980 г. камни в 1—2 кар рубиново-красного цвета, редко появлявшиеся в продаже, оценивались в 600 дол./кар; камни того же размера розового и других оттенков красного цвета, в изобилии имеющиеся на рынке, — в 100—300 дол./кар. Довольно много камней от оранжевого до коричневого цвета, их цена достигает 100 дол./кар. Фиолетовая, серо-фиолетовая шпинель массой в 1—2 кар стоит 25—200 дол./кар при достаточном насыщении рынка. Самая низкая цена на шпинель серо-синего цвета — до 25 дол./кар.

Идентификация шпинели имеет большое значение, особенно из-за большого сходства ограненных камней с рубином. Отличить от него шпинель, как и от других похожих камней, можно по характерной форме кристаллов, оптической изотропии, характерным твердости, плотности и другим физическим свойствам. Хороший диагностический признак — наличие в шпинели включений октаэдрических кристаллов герцинита, альбита, апатита, кальцита, доломита, титанита, оливина, рутила (иногда в виде «шелка»), циркона с плеохроичными двориками и др.

Синтезируется шпинель различного цвета. Она применяется не только как аналог природной, но и как имитация многих ювелирных камней. От природной шпинели синтетическую отличает наличие спайности, узоров аномального двупреломления, яркие цвета люминесценции.

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. *tapas* — огонь. В России топазы известны с XVIII в. Называли их «сибирскими алмазами». В конце XVIII в. топазы стали добывать на Урале, где они за высокую плотность получили название «тяжеловесов». 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 Шнеккенштейна (Саксонские Вогезы), бразильскими рубинами — красные бразильские топазы с природной и искусственной окраской, индийскими топазами — камни с о. Шри-Ланка.

Топаз издавна привлекал внимание людей. Он характеризуется особой внутренней игрой света, напоминает легкостью и прозрачностью капли утренней росы. Из старинных ювелирных изделий 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. 27). Верхняя часть его состоит из пяти крупных ограненных овальных бразильских топазов. Размер камней от 3,3×2,4 до 1,4×1,1 см, цвет нежный, розовато-лиловый. Сохранилось описание царской короны Ирины Годуновой (XVII в.), среди драгоценных камней которой также 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.

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 исполь-

зовали и в хозяйстве, и в ритуальных обрядах, а возможно, и как украшения.

Химический состав топаза отвечает формуле $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$. Отношение F:OH в топазах варьирует и в наиболее богатых гидроксидом разностях обычно равно 3:1. В качестве примесей отмечаются K, Na, Ca, Mg, Fe, Cr, Ti, V, Ge. Топаз относится к островным силикатам. Он кристаллизуется в ромбической сингонии, в ромбо-бипирамидальном классе симметрии.

Облик кристаллов призматический. Отмечается более 140 простых форм, из них самые распространенные {110}, {120}, {121}, {041}, дипирамиды {111} и {223}, пинакоид {001} и др. Среди кристаллов топазов из месторождений СССР выделяются несколько типов:

1) мурзинский — почти изометричной формы с сильно развитым пинакоидом {001} и хорошо развитой призмой {120}, с другими более редкими и слабо проявленными формами;

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

3) шерловогорский — с сильно развитыми призмами {110}, {120}, {130}, призмой {011}, часто принимаемой за диэдр, и отсутствием пинакоида;

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

Кристаллы топаза отличаются по кристалломорфологии не только на различных месторождениях, но иногда даже на отдельных их участках.

Уральские топазы подробно описаны А. Е. Ферсманом [42]. 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 развитыми базопинакоидом и другими более редкими и слабо проявленными 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 «обсанные» кристаллы 2-го типа с сильно развитыми формами растворения. Обычно они прикреплены к породе боковыми гранями. Размер кристал-

лов небольшой, длина самых крупных не более 2 см; бесцветные. К 4-му типу принадлежат видоизмененные кристаллы 1-го типа с преобладанием домы взамен базопинакоида. Они часто похожи на конверты, бесцветные или голубоватые, размером 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», располагающиеся на поверхности пустот и трещин, и большие («сырцы»), находящиеся среди массы жильного кварца. Ильменские топазы характеризуются богатством форм и часто бочонковидным обликом. Топазы Кочкарских россыпей по р. Санарке очень мало окатаны, а по цвету и форме напоминают винно-желтые топазы Бразилии.

Габитус большинства кристаллов топазов Волыни призматический, часто они уплощены по двум взаимно параллельным граням призмы {110}. В вертикальном поясе кристаллов всегда присутствуют грани ромбических призм {110} и {120}, которые имеют значительное развитие и размеры. Грани остальных форм представлены узкими полосками 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} отмечаются также почти во всех кристаллах, но их величина существенно колеблется. Грани остальных форм обычно небольшие и встречаются очень редко. Больше всего изменяются конфигурации и размеры граней пинакоида {001}.

В полевошпатовых зонах и зонах выщелачивания пегматитов Волыни кристаллы топазов имеют облик ильменского, а в занорышевой области — ильменского, шерловогорского или промежуточного типов. Нередко на гранях кристаллов наблюдаются скульптуры растворения в виде узких раковинообразных впадин, отрицательных тригональных пирамид, конусовидных фигур иногда веретенообразной формы, матировки и др.

Топазы Бразилии (Оуро-Прету и Сарамеа), некоторых месторождений СССР (Санарка на Урале) и Пакистана (Мардан-Катланд) отличаются простыми кристаллографическими формами; габитус их призматический, иногда

пирамидальный с пинакоидом и без него. У бразильских кристаллов нередко следы растворения, а также скелетные формы. Топазы Шнекенштейна (Саксонские Вогезы) имеют короткопризматический облик, одноконечные. Топазы встречаются в виде монокристаллов, друз или зернистых плотных агрегатов. Размер кристаллов может быть различным. Наиболее крупные отмечаются в пустотах, где масса их достигает десятков и даже сотен килограммов.

По данным Ю. Г. Сорокина и др., в 1965 г. в пегматитах Волины был найден винно-желтый кристалл массой 117 кг, размером $82 \times 37 \times 35$ см. (Он обнаружен с другими кристаллами — около 100 — общей массой более 500 кг; большинство из них тоже были очень крупными. в том числе два кристалла 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}, {120}, а на головке — {001}, {011}, {112}, {021} и др. К сожалению, кристалл не сохранился. В Музее земледелия МГУ находится еще один крупный волынский топаз массой 68 кг, обнаруженный 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.

Масса наиболее крупных топазов Урала достигала 32 кг. в 1910—1911 гг. на р. Мокруше (Мурзинка) был добыт кристалл величиной 53,3 см, массой 27,5 кг, представляющий собой обломок двухпудового кристалла [42]. Замечательны по размерам топазы Борщовочного кряжа. В 1840 г. в пегматитах «Дорогой утес» 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 необычной красоты и чистоты массой 1680 кар. Он украшает португальскую корону «Браганца» и называется «Большой алмаз».

Окраска топазов очень разнообразна: желтая, винно-, медово- и золотисто-желтая, голубая, синевато-зеленая, розовая, красная, фиолетовая, зеленая; отмечаются и бесцветные камни (рис. 28). Обычно кристаллы прозрачны, иногда с облачным эффектом или эффектом «кошачьего глаза». Бесцветные водяно-прозрачные топазы встре-

чаются 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 Вогезов (Шнеккенштейн), США (шт. Колорадо), Австралии, Шри-Ланки.

Среди голубых топазов следует отметить неповторимой красоты нежно-голубые топазы Мурзинки, иногда имеющие зеленоватый или желтоватый оттенок; слабо-голубые и голубые топазы встречаются в СССР в Ильменских горах и на Волыни, в Бразилии (Диамантина), а голубые и голубовато-зеленые — в пегматитах шт. Нью-Хэмпшир в США, Японии, Австралии. Голубая окраска нередко 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, по описанию Л. П. Чернышковой, от винно-красной до розовой, золотисто-желтой, бледно- и ярко-голубой, располагается зонально и создает непередаваемое сочетание оттенков предзакатного неба. 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 может быть обратная зональность: интенсивная винно-красная окраска в центральной части и ярко-голубая — во внешних.

Неоднородная окраска проявлена иногда у топазов Борщовочного кряжа: по плоскости YZ кристаллы окрашены в голубоватый цвет, а на концах (концы оси X) в розовато-желтый [42]. По Г. Г. Леммлейну и Н. М. Меланхолину, 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 [28], изменение окраски от голубой к розовой в одном кристалле связано с замещением $F \rightleftharpoons (OH)$. Содержание фтора в волынских топазах уменьшается, по данным М. М. Ивантишина, от голубых зон и разностей (18%) к розовым (16,5%).

Розовые топазы встречаются очень редко. Розового, красного, темно-красного, фиолетового цвета топазы известны в Оуро-Прету (Бразилия). Их иногда называли «бразильскими рубинами». По красоте, густоте и разно-

образию тонов неповторимы топазы рек Каменки и Санарки на Урале (СССР). 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 встречены и бледно-розовые топазы. Розово-дымчатые топазы обнаружены в пегматитах Волыни. Золотисто-, медово- и винно-желтые топазы известны в Бразилии, шафрано-желтые — на о. Шри-Ланка, светлые винно-желтые — в Саксонских Вогезах.

Окраска топазов вызывала неизменный интерес у исследователей и являлась вопросом многочисленных дискуссий. По мнению А. Н. Платонова, голубая окраска топазов связана с наличием в них R -центров, представляющих собой пару анионных вакансий с одним или двумя электронами (им соответствует полоса поглощения $15\ 300\text{ см}^{-1}$). R -центры устойчивы до температуры $450\text{--}500^\circ\text{С}$. Зеленая, желтовато- и голубовато-зеленая окраска наблюдается из-за присутствия R - и F -центров. Последний является вакансией фтора или гидроксила, захватившей электрон. Дымчатая и светло-коричневая окраска, которой соответствуют полосы поглощения $32\ 000$ и $26\ 500\text{ см}^{-1}$, обусловлена наличием O^- или SiO_4^{3-} . Данная окраска устойчива только до температуры 150°С . Желтая окраска возникает в топазах, содержащих Cr^{3+} и O^- (переход ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^5T_{1g} - 26\ 000, 25\ 700, 23\ 800\text{ см}^{-1}$). Эта окраска не исчезает при нагревании. Золотисто-желтая окраска отмечается в топазах, обогащенных гидроксидом, содержащих F -центр (полосы поглощения $24\ 800, 24\ 200$ и $23\ 700\text{ см}^{-1}$). Она сохраняется до температуры 400°С . Оранжевая, красно-оранжевая до красной окраска связана с наличием в топазах F -центров и Cr^{3+} , а розовая — F -центров в топазах, обогащенных фтором (полоса поглощения $22\ 600\text{ см}^{-1}$). Розовая окраска устойчива до температуры $200\text{--}250^\circ\text{С}$. Красновато-коричневая — «винная» окраска наблюдается в топазах с O^- и F -центрами. Фиолетовая окраска, не исчезающая при нагревании, как установили еще в 50-х гг. В. А. Корнетова и С. В. Грум-Гржимайло, определяется наличием в структуре топаза примеси Cr^{3+} (в спектрах поглощения R -линии $14\ 600, 14\ 300\text{ см}^{-1}$).

Неустойчивость окраски топазов отмечалась Н. И. Кокшаровым, А. Е. Ферсманом и многими другими. Изменять окраску топазов путем нагревания пытались еще древние

греки, получая при этом желтые камни. Переход розовато-коричневой окраски топазов в голубую при многолетнем воздействии на них дневного света описал Д. Свит в 1930 г. Известны опыты по получению розовой окраски при нагревании топазов до 500°C (Парижская Академия Наук) и облучении их рентгеновскими лучами (Г. Г. Леммлейн, Н. М. Меланхолин), а также коричнево-оранжевой и янтарно-коричневой окраски при облучении бесцветных топазов (М. И. Самойлович, Л. Г. Ченцова).

Г. В. Банк перечисляет следующие возможные случаи изменения окраски топазов: при нагревании коричневые и желтые топазы становятся розовыми, бесцветные в результате облучения — коричневыми, а в результате облучения и последующего нагревания — голубыми; интенсивность желтой окраски усиливается при облучении. Наиболее результативный метод отличия природной окраски от окраски, вызванной облучением, по мнению И. Петрова, В. Бердензинского, Г. Банка, А. Н. Платонова, В. Р. Беличенко и др., — термолюминесценция.

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. Обладают плеохроизмом некоторые желтые топазы: от светло- до темно-желтого или желто-красного. 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 топазов стеклянный, на плоскостях спайности — иногда с перламутровым отливом. Спайность совершенная по пинакоиду {001}. Излом не по спайности раковистый. Твердость — 8. Микротвердость 1399 МПа. Плотность 3,49—3,56 г/см³; наибольшие ее значения отмечаются у бесцветных, голубых и желтых топазов из СССР, ГДР, США — 3,56 г/см³. Плотность топазов другой окраски такова (в г/см³): зеленовато-голубых из Забайкалья — 3,53, бразильских винно-желтых и розовых — 3,53, розово-желтых — 3,50—3,55, розовых из Пакистана — 3,53. Топаз — минерал двусный, положительный. $2V=45-66^{\circ}$. Показатели преломления: $n_g=1,618-1,643$, $n_m=1,610-1,636$, $n_p=1,607-1,632$, $n_g-n_p=0,003-0,011$. Значения показателей преломления меняются в зависимости от содержания группы (ОН).

По величине постоянных решетки, показателей преломления и угла между кристаллографическими осями у топазов, согласно исследованиям П. Г. Риббле и Розенберга, можно определить отношение $OH:F$. У топазов с большим содержанием группы (OH) показатели преломления более высокие, меньший угол между осями и низкие показатели решетки.

По данным Р. Вебстера, показатели преломления коричневых, винно-желтых и розовых топазов Бразилии изменяются от 1,630 до 1,638, двупреломление — 0,008, а голубых, бесцветных и желтых топазов СССР, ГДР (Саксония), США — от 1,61 до 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 в ультрафиолетовых лучах иногда имеют оранжево-желтое свечение, которое отмечается в длинноволновом диапазоне и лишь изредка в коротковолновом. В рентгеновских лучах у голубых и бесцветных топазов появляется голубоватое свечение, а у розовых и коричневых — коричневатое-желтое или оранжевое.

Топаз легко электризуется от трения, сжатия и нагревания. Степень электризации зависит от месторождения. Например, топазы Шнеккенштейна электризуются при поглаживании кристаллов пальцами, а для возбуждения электризации в некоторых топазах Бразилии достаточно слабого надавливания пальцами, особенно в направлении главной оси призматического кристалла [1,50]. Пирозлектрические свойства у топазов проявлены сильнее, чем у турмалинов. Пирозлектричество возникает при медленном охлаждении нагретых топазов. При этом кристаллы могут оставаться электропроводящими в течение нескольких часов.

Топазы содержат газовые, жидкие и газожидкие включения, располагающиеся в трещинках, каналах или в виде отдельных пузырьков. В составе включений отме-

чаются CO_2 , H_2S , SO_2 , NH_3 , Cl_2 , N_2 и др. Жидкая фаза состоит в основном из уголекислоты. Состав твердых включений меняется в зависимости от генетического типа месторождений. Для топазов из пегматитов Воьныи, по данным В. И. Павлишина и В. Н. Квасницы, характерны зеленый флюорит, кристаллы дымчатого кварца, игольчатые кристаллы колумбита, выделения альбита.

Месторождения топаза связаны с миароловыми камерными и занорышевыми — микроклиновыми пегматитами, бериллоносными мусковит-топаз-кварцевыми грейзенами, гидротермальными (поствулканическими) образованиями в кислых эффузивах, элювиальными и элювиально-делювиальными россыпями. По данным изучения газовых и газово-жидких включений определены термодинамические условия формирования топазов на ряде месторождений. По данным Н. П. Ермакова, температура гомогенизации вторичных включений в воьныиских топазах $310\text{--}315^\circ\text{C}$, а первичных — $362\text{--}400$ и 510°C . Близкие значения получены для этих же топазов и другими исследователями. Для топазов шерловогорского типа максимальная температура гомогенизации газово-жидких включений 450°C . Включения в топазе из грейзенов гомогенизируются при температуре $345\text{--}370^\circ\text{C}$. В кристаллах воьныиского топаза рН водного раствора, как определил Д. К. Возняк, равно $(4,6\text{--}5,3) \pm 0,2$.

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 вокруг Алабашки, у Мурзинки и д. Южаковой (Корниловой) разрабатывались 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 топазами велись в конце 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 добычных работ, связанный с открытием Блюмовской копи, относится к 1835 г.

Первые розово-фиолетовые топазы по рекам Санарке и Каменке были найдены в 1835 г. В Липовских копиях также встречались розово-фиолетовые кристаллы. С начала XVIII в. упоминаются топазы Забайкалья — Адун-Чилона и Куку-Сыркена, а с середины XVIII в. — горы Тут-Халтуй (Шерловой горы, по Е. А. Ферсману). В начале 30-х гг. обнаружены исключительной чистоты и прозрачные топазы Борщовочного кряжа, особенно района р. Урульги, где были найдены кристаллы от светлого винного до густого буровато-желтого цвета.

Первооткрывателем топазов Волини является Г. И. Оссовский. Вначале топазы были найдены только в элювиально-делювиальных отложениях, и лишь в 1931 г. — в коренном залегании, в камерных пегматитах [23]. В настоящее время пегматиты Волини — единственный источник ювелирного и технического топаза на Украине.

Важнейшее месторождение топаза в Европе — Шнекенштейн (Ауэрбах), известное с 1737 г. Топазы здесь винно-желтые, зеленоватые или бесцветные.

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

Прозрачные, бесцветные или красиво окрашенные топазы используются в качестве ювелирных камней. Особенно ценятся розовые, имеющие торговое название «империал», голубые и темно-желтые камни. Действующие в СССР требования предусматривают использование в качестве сырья для ювелирно-камнерезной промышленности топазов (украинских) интенсивного голубого, розового и винно-желтого цвета размером $15 \times 15 \times 12$ мм и более — для высшего сорта и бледноокрашенных желтых и с коричневым оттенком камней с единичными включениями при минимальном размере $6 \times 6 \times 5$ мм — для низшего сорта.

При обработке топазу придается разнообразная огранка: бриллиантовая, изумрудная, фантазийная, овальная, кабошон. Иногда применяется резьба по камню. В настоящее время широко во всем мире используются топазы не только с природной, но и искусственно полученной окраской, особенно розовой и голубой. Распознавание таких облагороженных топазов весьма затруднено. В США

стоимость топазов наиболее популярного размера в 5 кар в 1982 г. составляла от 30 до 500 дол./кар (в зависимости от качества).

При идентификации топаза следует учитывать, что похожими могут быть бериллы (аквамарин, гелиодор, воробьевит), кварц (горный хрусталь, цитрин, дымчатый кварц и розовый кварц), кунцит, турмалин, фенацит, данбурит, флюорит, мадагаскарский прозрачный ортоклаз, циркон, апатит, а также такие синтетические камни соответствующего цвета, как корунд, шпинель, ИАГ, фианит, и некоторые стекла. При диагностике топаза следует обращать внимание прежде всего на высокую твердость, совершенную спайность, характерные плотность и показатели преломления, довольно низкие двупреломление, люминесценцию.

Искусственное получение топазов имеет чисто научный интерес. Синтетические топазы могут быть получены путем воздействия гидрофторосиликатной кислотой на кремнезем и глинозем в присутствии воды при температуре 500° С. Коммерческой ценности они не представляют.

ТУРМАЛИН

Турмалин относится к числу драгоценных камней, хорошо известных издавна и широко применяемых во всем мире (рис. 29). Название этого минерала произошло от сингал. «турмалин» — 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 используется 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 в 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, зо-

лотой 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 неповторимым можно считать турмалин-рубеллит розовато-малинового цвета, обработанный в виде виноградной кисти, «с которым хорошо сочетаются золотые листочки с зеленой эмалью, закрепленные на раздвоенном стебельке, покрытом белой и черной эмалью» [34]. Этот камень (рис. 30), являющийся одним из наиболее 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. Достаточно широко развиты полихромные турмалины с поперечно-полосчатой или концентрической зональностью. При этом окраска изменяется от синей и зеленой до бесцветной и розовой. Наиболее часто наблюдаются зеленая и розовая окраска. Иногда в полихромных турмалинах с поперечно-полосчатой окраской, меняющейся вдоль удлинения кристаллов, отмечаются не только указанные изменения цвета, но и переходы от бесцветного к черному на концах. Такие кристаллы, встречающиеся на о. Эльба, называются «головой арапа» или «черной головой». Распространенные в природе наиболее широко черные турмалины называются «шерлами». В Забайкалье обнаружены турмалины с астеризмом — «кошачий глаз». Астеризм в таких турмалинах, обычно окрашенных в зеленый цвет, вызван тонкими каналами, заполненными, как правило, газово-жидкими включениями.

Турмалинами называются минералы с общей формулой $AC_9 Si_6 B_3 X_{31}$, где $A=Na(K), Ca$; $C=Li, Mg, Fe^{3+}, Mn, Al, Fe^{2+}, Cr, (V, Ti)$; $X=O, OH, F$. В эту группу входят эльбаит, лидикоатит (лидикоатит), дравит, ферридравит, увит, шерл, бургерит (бюргерит), тсилазит, оленит. Существуют несмешивающиеся изоморфные ряды: шерл-дравитовый, шерл-эльбаит-тсилазитовый и шерл-бургеритовый.

Турмалин кристаллизуется в тригональной сингонии, дитригонально-пирамидальном классе симметрии. Встре-

чается он в виде удлиненно-призматических кристаллов с хорошо развитыми простыми формами $\{10\bar{1}0\}$, $\{1120\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{02\bar{2}1\}$, двойников, друз и сростков.

Химический состав турмалинов определяет окраску и другие физические свойства их. Голубые, синие, зеленые, желтые, оранжевые, бурые, коричневые до черного цвета и оттенки железосодержащих турмалинов обусловлены ионами Fe^{2+} , обменно связанными парами Fe^{2+} и Fe^{3+} , полосами переноса заряда $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Ti}^{4+}$, $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ и $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$. Изумрудно-зеленый цвет определяется содержанием ионов Cr^{3+} или Fe^{2+} . Розовая, красная окраска вызывается ионами Mn^{3+} . Во всех турмалинах обычно отчетливо проявляется дихроизм ($N_o > N_e$), что необходимо учитывать при их обработке. В ультрафиолетовых лучах турмалины обычно не люминесцируют, только отдельные образцы розового цвета светятся голубым светом, а золотисто-желтого, коричневого и зеленого цвета — желтым (254 нм.).

Блеск турмалина стеклянный, твердость 7—7,5. Хрупкий. Спайность отсутствует. Оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления и сила двупреломления тесно зависят от химического состава: $n_o = 1,632—1,800$, $n_e = 1,610—1,743$, $n_o - n_e = 0,016—0,080$ (табл. 13). Дисперсия 0,017. Плотность 3,02—3,33 г/см³.

Месторождения турмалинов связаны с гранитами (шерл, дравит), риолитами (бургерит), пегматитами (шерл, эльбаит, лиддикоатит), грейзенами (шерл, дравит), скарнами (увит), россыпями.

Ювелирные турмалины известны 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. Джамму и Кашмир (зеленые эльбаиты), Намибии (зеленые хромтурмалины, зеленые и розовые эльбаиты), Зимбабве (чистые эльбаиты), Мозамбике (эльбаиты с нежной окраской в различных тонах, полихромные), на Мадагаскаре (полихромные лиддикоатиты с концентрически-зональной окраской), в 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), а также в Афганис-

Таблица 13 Состав и физи-
малинов

Название	Химическая формула	Цвет
Эльбаит	$\text{NaLiAl}_3\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{28} \times (\text{OH})_2\text{F}$	Отсутствует, розовый, желтый, зеленый, полихромный
Лиддикоатит	$\text{Li}_2\text{CaAl}_7\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27} \times (\text{OH})_3\text{F}$	Коричневый, зеленый и др.
Дравит	$\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27} \times (\text{OH})_4$	Коричневый, зеленый, желтый, отсутствует
Увит	$\text{CaMg}_4\text{Al}_5\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27} \times (\text{OH})_3\text{F}$	Зеленый, коричневый, черный
Шерл	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27} \times (\text{OH})_4$	Черный
Бургерит	$\text{NaFe}^{3+}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{30} \times \text{F}$	Коричневый, черный иногда с коричнево-красной иризацией

тане (Нуристане) в месторождениях Дарае-Пич, Канокан, Джабо, Чормакс, Кантыва, Манданеша, Цоцум, Муалеви, Папру.

Турмалин месторождения Дарае-Пич, по описанию Л. Н. Россовского, 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 40 см и диаметром 7—15 см.

В Советском Союзе ювелирные турмалины выявлены давно. В Забайкалье обнаружены рубеллиты, зеленые и полихромные турмалины с поперечно-полосчатой и концентрически-зональной окраской. На Урале с XIX в. разрабатывались копи, 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 70-е гг. добыто несколько десятков килограммов прозрачных кристаллов цветных турмалинов.

Показатели преломления		$n_o - n_e$	Плотность, г/см ³
n_o	n_e		
1,640—1,655	1,615—1,620	0,017—0,024	3,03—3,10
1,637	1,621	0,016	3,02—3,08
1,635—1,661	1,610—1,632	0,021—0,026	3,03—3,15
1,632—1,638	1,612—1,621	0,017—0,020	3,05
1,655—1,675	1,625—1,650	0,025—0,035	3,10—3,27
1,735	1,655	0,080	3,31

При обработке турмалина часто применяется ступенчатая огранка, реже бриллиантовая или фантазийная. Полихромные турмалины и камни с астеризмом кабошонируются. Цены на турмалины различного цвета не являются стабильными. Так, недавно найденные в Бразилии (шт. Минас-Жерайс) необыкновенной красоты рубеллиты были оценены в 100 дол./кар, а вся находка — в 30 млн. дол. Цена ограненных турмалинов на рынке США в 1980 г. (на уровне оптовой торговли) составила (в дол./кар): рубеллитов массой 1—3 кар от 50 до 120; камней оранжево-коричневого цвета массой 1—5 кар от 35 до 75; зеленого цвета массой 5—10 кар от 30 до 250; зеленых хромсодержащих турмалинов массой в 1 кар от 60 до 120, а в 2—5 кар от 150 до 375; индиголитов чернильно-синего цвета массой 1—5 кар от 40 до 250.

Идентификация турмалинов, обладающих разнообразными окрасками, и потому имеющая иногда значительные трудности, производится по высоким значениям твердости и двупреломления, отсутствию спайности, отчетли-

Обработанные кунциты при диагностике можно легко принять за воробьевит, розовый топаз, турмалин, рубин, шпинель и аметист, а также синтетические корунд и шпинель, ИАГ, фианит, стекло, от которых он отличается рядом свойств, прежде всего, показателями преломления, высоким двупреломлением (благодаря чему можно наблюдать четкое раздвоение ребер нижних граней при просмотре камня через площадку), совершенной спайностью, сильным плеохроизмом и желтой или оранжевой люминесценцией. 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 классе симметрии; является крайним членом изоморфного ряда диопсид ($\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$) — геденбергит ($\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$). Промежуточные члены этого ряда — салит, ферросалит. Название произошло от греч. $\delta\iota\varsigma$ — двойной и $\omicron\phi\iota\varsigma$ — 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 Людовика Геденберга, который впервые описал его.

Цвет диопсида серый, иногда минерал бесцветен (см. рис.35); с увеличением содержания Fe^{2+} он 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 — в желтый и коричнево-желтый. Существует несколько разновидностей диопсида: виолан — фиолетовый и голубой (цвет придают Mn^{2+} и Mn^{3+}); шефферит — 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, представляющий собой хромсодержащую разновидность диопсида; лавровит — зеленый, содержащий до 4% V_2O_5 ; смарагдит — красивого изумрудно-зеленого цвета камень, замещенный в значительной степени роговой обманкой. Известны также диопсиды с эффектом «кошачьего глаза» и черные диопсиды,

на которых при определенном освещении видна четырех-лучевая звезда (астеризм).

Диопсид часто встречается в виде призматических кристаллов различного размера. Очень крупные, хорошо образованные кристаллы из Прибайкалья (Слюдянка) называются байкалит. Масса крупных ювелирных камней обычно не превышает 20 кар. В Смитсоновском институте (США) 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 естественной истории находится зеленый диопсид массой 38 кар.

Агрегаты диопсида могут быть волокнистыми, при их обработке возникает бархатистый или перламутровый отлив.

Диопсид обладает стекляннм блеском. Спайность у него средняя по призме {110} с углом 87° , иногда по {010} наблюдается отдельность. Твердость сравнительно невысокая — 5,5—6,6. Плотность 3,22—3,28 г/см³. Оптические константы изменяются в зависимости от состава. Показатели преломления диопсида: $n_g = 1,695—1,721$, $n_m = 1,672—1,701$, $n_p = 1,664—1,695$, $n_g - n_p = 0,024—0,031$; $2V = 50—60^\circ$; плеохроизм отсутствует. У хромдиопсида $n_g = 1,702—1,708$, $n_m = 1,680—1,686$, $n_p = 1,672—1,674$, $n_g - n_p = 0,028—0,031$; $2V = 55^\circ$; плеохроизм от желто- до изумрудно-зеленого. Показатели преломления геденбергита: $n_g = 1,741—1,751$, $n_m = 1,723—1,730$, $n_p = 1,716—1,726$, $n_g - n_p = 0,025—0,029$; $2V = 52—62^\circ$; 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, контактово-метасоматических образованиях, метаморфических породах; обнаружен в галечниках (о. Шри-Ланка). Хромдиопсид встречается в кимберлитах, эклогитах, дунитах, 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 (шта-

вому дихроизму, газовым и газовой-жидким включениям, расположенным по трещинам и каналам, часто ориентированным параллельно длинной оси кристаллов [36].

Турмалин применяется не только как ювелирный камень. В науке и технике он используется благодаря пирро- 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 (плаггиоклазы) — калиево-натриевого — калиево-бариевого.

Плаггиоклазы кристаллизуются в триклинной сингонии, пинакоидальном классе симметрии. Блеск стеклянный. Твердость 6—6,5. Спайность совершенная по {010} и {001} под углом $86^\circ 24'$ — $86^\circ 50'$. Показатели преломления и плотность возрастают от альбита до анортита. Калиево-натриевые полевые шпаты представлены моноклинными (санидин и ортоклаз) и триклинными (микроклин) модификациями. Санидин и ортоклаз относятся к призматическому классу симметрии. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности иногда с перламутровым или шелковистым отливом. Твердость 6—6,5. Спайность совершенная по {001} и {010} под углом 90° . Санидин бесцветный, прозрачный. Ортоклаз белый, желтый различных оттенков, розовый, светло-коричневый, светло-зеленый, иногда мясо-красный. Прозрачная, полупрозрачная бесцветная разновидность ортоклаза называется адуляром.

Микроклин кристаллизуется в пинакоидальном классе симметрии. Он непрозрачен, в тонких сколах просвечивает. Цвет белый, серый, желтый, розовый. Разновидность зеленого, голубовато-зеленого цвета называется амазонитом. Твердость — 6—6,5. Спайность совершенная по {001} и {010} под углом $89^\circ 40'$. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым или шелковистым отливом.

В качестве ювелирных и поделочных камней применяют красиво окрашенные или иризирующие полевые шпаты: амазонит, желтый прозрачный ортоклаз, лабрадор, лунный и солнечный камни (рис. 31).

Амазонит, или амазонский камень, назван по месту нахождения в отложениях р. Амазонки. Но в дальнейшем амазонит в этом районе не встречался, в связи с чем

высказывались многочисленные предположения о том, что найденный в тех местах зеленый камень, названный амазонитом, не являлся разновидностью микроклина, а был каким-либо другим минералом, например жадеитом. Тем не менее название «амазонит» укрепилось за красиво 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 камней.

Месторождения амазонита известны в США (округ Амелия в шт. Виргиния и в шт. Колорадо), Канаде (пров. Онтарио), на Мадагаскаре, в Бразилии (шт. Минас-Жерайс), Норвегии, Зимбабве, Индии, МНР, КНР, СФРЮ, НРБ. В СССР месторождения амазонита красивого цвета и хорошего качества нередки. Впервые он был обнаружен в 1784 г. на Южном Урале в Ильменских горах, где вскоре стал разрабатываться и использоваться в ювелирном деле под названием «изумрудного эдельшпата». Развита также амазонит на Кольском полуострове (Западные Кейвы), в Восточной Сибири (Иркутская обл., Юго-Западное Прибайкалье, Читинская обл.), на Украине (Житомирская и Донецкая области), в Казахстане, Киргизии и Таджикистане.

Амазонит наиболее широко применяется для изготовления бус, брошей, запонок, ваз, шкатулок, пепельниц и т. д. В Эрмитаже экспонируются четыре вазы (в том числе высотой 22,5 см и около 14 см в диаметре) из ильменского амазонита, изготовленные в XVIII в. на Екатеринбургской гранитной 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 (иногда и более). Так, А. Е. Ферсман 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 вроски белого альбита, что придает им особую привлекательность и шелковистый отлив. Окраску амазонита связывают с дефектными центрами, обра-

зованными ионами Pb^{2+} или Rb^+ , не исключается также роль ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , изоморфно замещающих ионы K^+ в структуре микроклина. Зеленый цвет амазонита исчезает при нагревании его до $300\text{--}500^\circ\text{C}$, однако он может быть восстановлен под воздействием радиоактивного или рентгеновского облучения или даже просто при длительном хранении в темноте. При нагревании до температуры более 600°C происходит необратимое обесцвечивание амазонита. Б. М. Шмакиным экспериментально было доказано, что амазонитовую окраску можно получить путем облучения рентгеновскими лучами микроклина, обогащенного различными элементами-примесями. В ультрафиолетовых лучах (365 нм) амазонит может люминесцировать желто-зеленым, а в рентгеновских — зеленым цветом.

Амазонит может являться порообразующим минералом гранитов и пегматитов, встречается в гидротермально-пневматолитовых образованиях, но основные месторождения амазонита, применяющегося как ювелирный, а еще чаще как поделочный камень, связаны с редкоземельными и редкометальными амазонитовыми пегматитами и миароловыми амазонит-микроклиновыми, амазонит-альбитовыми и микроклиновыми пегматитами [15]. Диагностика амазонита обычно не вызывает затруднений в связи с наличием характерных белых пертитовых вростков, но иногда за амазонит можно принять жадеит или даже бирюзу, отличающиеся от него по физическим свойствам.

Особое место среди полевых шпатов, использующихся как ювелирные и поделочные камни, занимают лабрадор, лунный и солнечный камни, обладающие иризацией, определяющей их неповторимую красоту.

Лабрадор — плагиоклаз, получивший название от п-ова Лабрадор, где он был открыт в 1770 г. Цвет непрозрачного лабрадора от темно-серого до серо-черного, иногда темно-синий. Лучшие разновидности его 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 от-

четливо в направлениях, перпендикулярных или наклонных к {010} и {001}.

Природа иризации лабрадора до сих пор однозначно не выяснена. Возможно, она появляется вследствие интерференции света при диффузном отражении лучей плоскостью, расположенной под углом 15° к {010} и 84° к {001}, или при интерференции света, обусловленной чередованием тончайших пластин разного состава; например, М. Ясунори и др. в канадском лабрадоре установлены пластинки Ap_{45} и Ap_{55-60} . На наличие пластин разного состава в лабрадоре указывали Д. Макконнель, Н. К. Крамаренко и др.

В Бирме иногда встречается лабрадор с иризацией, как у лунного камня. Его называют черным лунным камнем. А в СССР (Украина) и Финляндии известна красивая разновидность лабрадора — спектролит.

Лучшие образцы лабрадора с красивой иризацией с конца XVIII в. использовались в ювелирных изделиях. Особенно в большой моде они были в конце XIX в. во Франции, Англии и некоторых других странах Европы, где применялись в сочетании с бриллиантами. И в настоящее время ювелирный лабрадор, особенно с желто-красной иризацией, очень ценится (в 1980 г. в США до 100 дол./кар — оптовая торговля). Широко используется также порода, сложенная лабрадором, — лабрадорит — для изготовления различных сувениров и поделок и как прекрасный облицовочный материал.

Месторождения лабрадора и лабрадоритов связаны с габбро-анортозитами. Крупнейшие месторождения находятся в СССР на Украине (Головинское, Синий Камень, Гута Добрынская, Рудня Очеретянка) и в Канаде (п-ов Лабрадор — Копи Гринвилла и др.).

Лунный камень (перламутровый или жемчужный шпат) — прозрачный либо полупрозрачный полевой шпат, иризирующий в голубых, голубовато-серых тонах. Он может быть представлен адуляром, название которого произошло от г. Адула в Швейцарских Альпах, где он впервые был встречен, или плагиоклазом альбит-олигоклазового состава (перистерит с ярко выраженной иризацией, напоминающей отлив радужного оперения шеи голубя). Иризацию лунных камней — калиевых полевых шпатов связывают с иризацией и рассеянием света на границе микро- и криптопертитовых вростков альбита. В лунных камнях, не имеющих пертитовых вростков,

иризация может возникать вследствие рассеяния света на границе индивидов полисинтетических двойников.

Иногда встречаются лунные камни, обладающие астеризмом в виде четырехлучевой звезды или эффектом «кошачьего глаза». Такие находки известны, например, в Индии.

Лунный камень в настоящее время довольно редок. Месторождения лучших лунных камней находятся в Шри-Ланке (Дунбара, Канди, Амбалангода) в метаморфизованных породах — кварц-полевошпатовых гнейсах — лептинитах, содержащих прослой мраморизованных известняков. Некоторые из этих месторождений (Дунбара) практически уже выработаны, так же как и месторождения Индии (Мадрас) и Бирмы (Могок). В США имеются месторождения лунных камней, связанные с риолит- и гранит-порфирами (Блек Фейндж, шт. Нью-Мексико) и метаморфическими породами (Харис, шт. Виргиния).

Лунным камнем А. Е. Ферсман назвал и очень красивую непрозрачную разновидность олигоклаза с иризацией в жемчужно-голубоватых тонах. По месту находки она известна также как беломорит. Месторождения беломорита, приуроченные к слюдоносным и керамическим пегматитам, расположены в Северной Карелии (Хето-Ламбино, Слюдяной Бор) и на юге Кольского полуострова. Беломорит применяется в виде поделочного, реже ювелирного камня.

Солнечный камень, или гелиолит, — это микроклипертиты, санидины, олигоклазы и альбиты, иризирующие в золотистых, желтых, красных тонах, что обусловлено микровключениями в них гематита и гетита. Непрозрачный солнечный камень, авантюриновый шпат, чаще используется как поделочный камень. Ювелирные изделия изготавливают также из прозрачных ферриортоклазов, железистых санидинов с золотистым отливом. Их находки имеются на о. Мадагаскар, в Мозамбике и др. Размеры прозрачных ортоклазов могут быть довольно значительными. Так, в коллекции Американского музея естественной истории (г. Нью-Йорк) хранится ограненный камень массой 250 кар.

Месторождения солнечных камней связаны с олигоклаз-микроклиновыми (ортоклазовыми) гранитными пегматитами редкоземельной формации (Мадагаскар — Итронги; СССР — Слюдянка, Ильменские горы; Норвегия — Бьердаммен, Хавредал и др.) и микроклиновыми (орто-

клазовыми) сиенитовыми пегматитами с эгирином и щелочными роговыми обманками (СССР — Инагли, Ловозерское, Ильмено-Вишневогорские проявления) [15].

ЦИРКОН

Циркон известен с давних времен. Его название произошло от араб. или перс. *zar* — золото и *gip* — цвет. Синонимы — гиацинт, энгельгардит, азорит, ауэрбахит (рис. 32).

Циркон является островным силикатом — $Zr[SiO_4]$, кристаллизующимся в тетрагональной сингонии, дитетрагонально-бипирамидальном классе 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, цитолит, альвит, наэгит, хегтвейтит, хагаталит, ямагутилит, олмалит, гельциркон, аршиновит.

В качестве ювелирных камней под различными названиями применяются прозрачные красиво окрашенные цирконы. 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 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 также называют 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, — циркон с природной или полученной после термохимической обработки небесно-голубой окраской [50]. Встречаются зеленые и сиреневые цирконы.

Природа окраски цирконов издавна привлекала внимание исследователей. А. Н. Платонов и др. [28] считают, что по характеру оптических спектров поглощения природные цирконы можно разделить на три типа. К первому относятся желтые (золотисто-желтые, коричнево-желтые) цирконы, имеющие широкую интенсивную полосу $\sim 38\,000\text{ см}^{-1}$, обусловленную дырочным центром окраски SiO_m^{n-} , появляющимся при вхождении в структуру циркона раз-

личных примесных ионов, особенно в случае гетеровалентного изоморфизма, а также благодаря радиационному воздействию примесей U и Th. Второй тип может быть представлен розовыми, оранжевыми и кроваво-красными цирконами — гиацинтами. В их спектрах наблюдается широкая полоса $21\,000\text{ см}^{-1}$. Однозначного мнения по поводу природы этой полосы нет: ее связывают с радиационными электронно-дырочными центрами, возникающими в присутствии примесей (U и Th, Y и Nb) или при их валентных превращениях; с изоморфным замещением ионов Zr^{4+} ионами Nb^{4+} (П. Е. Филдинг); с комплексным центром окраски (Y, TR) $^{3+} - \text{O}_2^{3-}$ или (Y, TR) O_2^0 (А. Н. Платонов) или одновременным присутствием нескольких центров [28]. Для спектров поглощения желто-зеленых и зеленовато-желтых цирконов, составляющих третий тип, характерна серия узких линий поглощения ($20\,800, 19\,400, 18\,700, 17\,700, 17\,000, 16\,200, 15\,250, 14\,500, 11\,400, 10\,950\text{ см}^{-1}$), наблюдаемых в присутствии ионов U^{4+} , изоморфно замещающих ионы Zr^{4+} [28]. Особенно трудно поддается расшифровке природа голубой окраски, которая возникает при прокаливании цирконов в восстановительных условиях. Возможно, она обусловлена различными изменениями позиций ионов U^{4+} в структуре минерала [28]. Плеохроизм у цирконов выражен слабо, только у голубых термообработанных цирконов он довольно отчетлив (N_o — небесно-голубая окраска, N_e — бесцветная).

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

Кристаллы, как правило, сравнительно небольшие (несколько миллиметров); изредка отмечаются крупные цирконы массой в десятки и даже сотни каратов. Такие цирконы находятся в различных музеях мира [44]. В Смитсоновском институте (США) хранятся цирконы с о. Шри-Ланка массой (в кар): коричневый 118,1, желто-коричневый 97,6, желтый 23,5, бесцветный 23,9; из Бирмы — красно-коричневый 75,8; из Таиланда — коричневатый 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 естественной 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, — от 8247 до 14 395. Циркон хрупкий, что затрудняет его обработку. Плотность (в г/см³) 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 коричневато-оранжевых 4,6—4,8. Циркон оптически одноосный, положительный, $s=N_e$. Показатели преломления у различных цирконов, как и плотность, значительно варьируют: у зеленых, коричневых, оранжевых 1,78—1,815 при двупреломлении 0—0,008; у коричневато-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 коричневато-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.

Месторождения ювелирного циркона очень редки, хотя циркон как аксессуарный минерал широко распространен в щелочных магматических породах, пегматитах, альбититах, мариуполитах и др. Они связаны с кимберлитами, сапфиросносными щелочными базальтами, сиенитовыми и миаскитовыми пегматитами и циркон-сапфировыми и цирконовыми россыпями [14].

Основным источником ювелирных камней являются месторождения Таиланда, Кампучии, Вьетнама, Шри-Ланки и Мадагаскара. Имеются также месторождения ювелирного циркона в Бирме, США (штаты Южная Дакота, Колорадо, Оклахома, Техас, Мэн, Массачусетс, Нью-Йорк, Нью-Джерси), на Корейском полуострове, в Бразилии, Канаде (провинции Квебек и Онтарио), Норвегии, Австралии, Танзании.

В СССР ювелирные цирконы встречаются на Урале

и в кимберлитовых и россыпных месторождениях алмазов в Якутии.

Цирконы ювелирного качества в любом месторождении составляют незначительную часть. Прозрачные бесцветные и красиво окрашенные цирконы обрабатываются с применением бриллиантовой или ступенчатой (цирконы с густой окраской) огранки. Из менее прозрачных камней делают кабошоны. Спрос на цирконы и их стоимость не стабильны. Наиболее постоянна популярность гиацинтов, особенно возrastавшая в XV — XVI вв. и в 30-е г. XIX в. В Индии, Шри-Ланке в изделиях с сапфирами, рубинами, особенно не очень высокого качества, постоянно применяются бесцветные цирконы (как прекрасная имитация бриллиантов). Очень широко используются голубые облагороженные цирконы. В настоящее время применяются цирконы любого цвета. Наибольшим спросом пользуются камни массой 1—2 кар, цены на них составляют 10—20 дол./кар. С увеличением размера камня возрастает, как правило, и цена: цирконы в 3—5 кар стоят 20—30 дол./кар. Особо ценятся цирконы пастельно-синего цвета: в США в 1980 г. цена на такие камни массой в 5—10 кар составляла от 60 до 200 дол./кар.

Бесцветные цирконы, используемые как не очень дорогая имитация бриллиантов, отличаются от последних по двупреломлению, высокой плотности и низкой твердости. Цветные цирконы можно спутать с титанитом, сингалитом, касситеритом, хризолитом, демантоидом, гессонитом, аквамаринном, топазом, турмалином, цветными сапфирами, синтетическими рутилом и корундами, шпинелью.

ХРИЗОЛИТ

Хризолитом называют прозрачную разновидность оливина (перидота) зеленого, золотисто-зеленого цвета (рис. 33). Именно золотистый цвет определил название камня: от греч. χρῶσος — золото и λίθος — камень.

Оливин $(\text{Mg, Fe})_2[\text{SiO}_4]$ — островной силикат, кристаллизующийся в ромбо-бипирамидальном классе симметрии ромбической сингонии. Он является средним членом изоморфного ряда форстерит $(\text{Mg}_2[\text{SiO}_4])$ — 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 $5,2 \times 3,5 \times 1,1$ см (вероятно, с о. Забергед в Красном море) 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 с о. Забергед массой 146 кар. Известен хризолит, масса которого в необработанном виде была 190 кар. В Смитсоновском институте (США) хранятся красивые ограненные хризолиты массой 310 кар (с о. Забергед) и 287 кар (из Бирмы).

Цвет хризолита зеленый с различными оттенками — бурым, золотистым, желтым, табачным, травяным и др. Окраска хризолита обусловлена присутствием и различным соотношением ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Распределение окраски в кристалле может быть равномерным и неравномерным, причем у хризолитов коренных месторождений окраска более интенсивная, чем у хризолитов россыпей.

Твердость хризолита 6,5—7, плотность 3,22—3,5 г/см³. Спайность развита плохо, излом раковистый. Блеск стеклянный, на изломе жирный. Минерал двусный, положительный: $n_g = 1,682$, $n_m = 1,663$, $n_p = 1,642$, $n_g - n_p = 0,040$. Дисперсия — 0,020.

Месторождения хризолита связаны с магматическими породами (кимберлиты, базальты), пневматолито-гидротермальными образованиями (альпинотипные гипербазиты и ультраосновные — щелочные интрузивы центрального типа), элювиальными и элювиально-делювиальными россыпями [14]. С древности наиболее известно месторождение на о. Забергед (АРЕ). Встречается хризолит в СССР (Кугдинское, Бор-Уряхское месторождения, кимберлитовая трубка «Удачная-Восточная»), Норвегии, США (шт. Аризона и др.), ЮАР, Танзании, Бирме и др.

Хризолит обрабатывают ступенчатой огранкой, иногда бриллиантовой или кабошоном. Отношение к хризолиту как к ювелирному камню не всегда было одинаковым. Так, в начале 60-х гг. XIX в. хризолит был очень модным в Париже. Однако у французов есть пословица: «У кого два оливи́на, 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 предохранять владель-

ца от неразумных поступков и ограждать от дурных снов. В 1980 г. стоимость хризолита массой 1—5 кар составляла от 20 до 100 дол./кар, 5—10 кар — от 60 до 125 дол./кар (США, на уровне оптовой торговли). Используется хризолит в основном в золотых изделиях в виде граненых вставок и кабошонов. На мировой рынок поступают хризолиты из АРЕ, США и Бирмы.

БИРЮЗА

Бирюза — один из самых красивейших ювелирных камней, известных человечеству с глубокой древности (рис. 34). 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 *turquoise* (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, 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 для изготовления плотносцементированной 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 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, к крайним членам которого относятся бирюза и халькосидерит — $\text{CuFe}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Наблюдается изоморфизм и с фауститом — $\text{ZnAl}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Бирюза относится к триклинной сингонии, пинакоидальному классу 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 были 0,3 мм и менее. Обычно бирюза представляет собой микро- и скрытокристаллический агрегат, выполняющий прожилки, формирующий желваки, включения неправильной формы, примазки, почковидные образования.

Электронно-микроскопические исследования бирюзы, проведенные Л. Е. Мурром, Л. Я. Денисовой и др., показывают, что она имеет плотную микроструктуру и состоит из пластинчатых микрокристаллов размером приблизительно $(1-2) \times (1-12) \times (0,05-1)$ мкм, ориентированных параллельно друг другу, иногда пересекающихся или образующих радиально-лучистые скопления. Размер, форма и степень совершенства микрокристаллов могут варьировать от месторождения к месторождению.

Бирюза непрозрачна, в тонких сколах просвечивает. Окраска ее у образцов, состав которых близок к теоретическому, яркая, 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. Как показали исследования Л. В. Никольской, Е. Е. Лисицыной и М. И. Самойловича, появление зеленых тонов в окраске бирюзы обусловлено присутствием ионов Fe^{3+} , замещающего ионы Al^{3+} и, воз-

можно, Cu^{2+} в октаэдрической позиции. Плеохроизм бирюзы слабый — от бесцветной до бледно-голубой или бледно-зеленой окраски.

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 коричневато-зеленую окраску. Блеск бирюзы стеклянный или восковой. Твердость 5—6 по шкале Мооса, излом раковистый; она хрупкая. В кристаллах наблюдается спайность в двух направлениях.

Плотность 2,40—2,88 г/см³, причем изменения плотности наблюдаются от месторождения к месторождению. Плотность (в г/см³) бирюзы Ирана — 2,75—2,85, США — 2,6—2,7, Израиля — 2,56—2,70, АРЕ (Синайский полуостров) — 2,81, КНР (Тибет) — 2,72, Бразилии — 2,40—2,65 [44]. По данным М. И. Моисеева и др. [25], плотность бирюзы из различных районов Узбекистана 2,43—2,88 г/см³.

Как показали исследования Л. Я. Денисовой, Е. В. Пряжиной и С. И. Лебедевой, изменения плотности бирюзы связаны с колебаниями содержания примеси ионов Fe или со степенью затрагивания бирюзы вторичными процессами и замещения ее вторичными минералами. Последнее влияет и на твердость, которая может зависеть также от плотности или пористости агрегата.

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

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

При нагревании бирюзы при температуре 100—200 °С наблюдается слабый эндотермический эффект, вызванный удалением адсорбционной воды, при температуре 350—400 °С — четкий эндотермический эффект, соответствующий удалению кристаллогидратной и гидроксильной воды, при температуре 760—800 °С — экзотермический эффект. Кристаллическая структура бирюзы сохраняется до 380 °С, при дальнейшем нагревании она разрушается, вещество становится рентгеноаморфным, а при 900—

1000 °С образуются новые соединения — фосфокристобалит, берланит, кристобалит, тридимит.

Месторождения бирюзы связаны с корами выветривания горных пород, содержащих медносульфидную минерализацию: с рассеянной медной минерализацией без зоны вторичного сульфидного обогащения и с интенсивной медной минерализацией и зоной вторичного сульфидного обогащения.

Месторождения бирюзы в СССР известны в Средней Азии в Кураминском (Бирюзакан, Шаугаз, Ак-Турпак, Кальмакыр, Унгурликан и др.) и Кызылкумском (Аякши 1 и 2, Турбай, Джаман-Каскыр, Тебин-Булак, Урусай, Тасказган, Бельтау и др.) бирюзоносных районах. Бирюза на территории Средней Азии добывалась с глубокой древности, о чем свидетельствуют многочисленные древние выработки. Советскими геологами открыты и изучены новые месторождения [20, 25]. Среднеазиатская бирюза встречается в виде прожилков, желваков, линз, вкрапленников, неправильных выделений. Цвет ее крайне разнообразен: синевато- и небесно-голубой со всеми переходами в зеленый, буровато-зеленый и бурый. Проявления бирюзы обнаружены в Азербайджане и Грузии. Крупнейшее месторождение открыто советским геологом В. Б. Сейраняном в Армении в пределах Алавердинского рудного поля — Техутское.

Самого высокого качества бирюза с глубокой древности и до настоящего времени добывается в Иране, северо-западнее г. Нишапур вблизи д. Мадан. Месторождение было известно под местным названием *Shadadi*. Штольни, в которых ведутся работы, расположены на высоте 1250 и 1575 м. Бирюза извлекается вручную. Согласно калькуляции управления рудника, еженедельно извлекается 4—4,5 м³ руды, при этом из 1 т получают примерно 3,3 кг бирюзы, что соответствует 9 кг/м³. Бирюза ассоциирует с фауститом, опалом и сульфидами, находится в виде желваков или прожилков среди продуктов выветривания, по трещинам в трахитах и трахиандезитах. Издавна выделяли три сорта бирюзы: первый, самый высокий, — исхаки, второй — нишапури и третий — шбабеки.

С глубокой древности добывается бирюза на Синайском полуострове (месторождения Сербит-Эль-Кхадим и Вади-Махаре; последнее до сих пор не потеряло практического значения). Крупнейшие месторождения находятся в США в штатах Аризона, Колорадо, Невада, Нью-

Мексико. Известны месторождения бирюзы в Чили, Перу, Мексике, КНР, Австралии, НРБ.

Бирюза неизменно пользуется большим спросом. Цены на нее довольно высоки, хотя и непостоянны, в последнее время отмечается тенденция к их росту: например, с начала 70-х гг. поднялись в цене в 3—4 раза изделия американских индейцев из серебра с бирюзой. Кабошоны голубой бирюзы (15—20 мм) оценивались в начале 80-х гг. в США в 8—10 дол./кар. Зеленая бирюза стоит в 3 раза дешевле, мелоподобная — приблизительно 5 дол./кг. Такая разница в цене приводила издавна к стремлению изменить окраску бирюзы, различными способами усилить голубую окраску.

М. И. Пыляев [29] пишет, что «бирюза вывозится продавцами из Персии в глиняных кувшинах с водой, 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 бирюза превращается в светло-серую, пятнистую после 15-минутного выдерживания ее в бензине. Известны способы подкрашивания бирюзы путем выдерживания в аммиаке, мочевой кислоте, берлинской лазури — $KF[Fe(CN)_6]$, покрытием поверхности образцов анилиновыми красителями и др. Однако эффект этот недолговечен. Образцы, подкрашенные берлинской лазурью, при искусственном освещении имеют серый цвет. Иногда поверхность бирюзы, предварительно протравленную, покрывают пленками из ярко-голубых органических полимеров [48]. В последние годы широко применяется бирюза, облагороженная путем пропитывания ее коллоидным кремнеземом или, чаще, жидким пластиком или воском. На мировой рынок 60% бирюзы поступает в облагороженном виде, в частности облагораживается приблизительно 80% американской аризонской бирюзы.

Помимо пористой неизмельченной, пропитывается измельченная до порошка или мелких кусочков и спрессованная под высоким давлением бирюза. Твердость такой «реконструированной» бирюзы не более 3, плотность 2,3 г/см³. Важным признаком, позволяющим выявить такую бирюзу, является реакция на притрагивание к ней раскаленной иглы. Появление запаха горелой пластмассы

или воска однозначно говорит о наличии пропитывания. Некоторые пропитанные образцы могут воспламеняться и гореть коптящим пламенем.

«Искусственную бирюзу» многих разновидностей получают уже около столетия. Так, в XIX в. в Австрии (в Вене), а затем во Франции и Великобритании получали так называемую «венскую бирюзу» прессованием фосфата алюминия, подкрашенного олеатом меди. Показатель преломления «венской бирюзы» — 1,45; при нагревании в пламени газовой горелки она спекается в черное стекло, тогда как природная бирюза превращается в темно-бурый порошок [50].

«Неолит» — имитация сетчатой природной бирюзы — был получен в 1957 г. в ФРГ. Он представляет собой смесь бейерита $\text{Ca}(\text{BiO})_2(\text{CO}_3)_3$ и фосфата меди, пропитанную искусственными смолами. Темные прожилки создавались примесями аморфных соединений Fe. Имеются имитации, получаемые при прессовании дигиратированного фосфата алюминия с фосфатом меди, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cu}(\text{SO}_4)$ и т. д. Фирмы «Синто Джем Компани» и «Адко Продакте» выпускают имитации, имеющие аналогичный бирюзе состав, но отличающиеся структурой, — «синто» и «адко».

Диагностика бирюзы весьма сложна в связи не только с наличием синтетических и облагороженных камней, но и с применением огромного числа имитаций. Издавна за бирюзу выдавался одонтолит, известный также под названием «костяная бирюза». Он представляет собой окаменелые остатки зубов и костей различных животных, содержащих апатит и вивианит, обуславливающих его серовато-голубую или голубую окраску. Твердость одонтолита — 5, плотность несколько выше, чем у бирюзы — от 3,0 до 3,25 г/см³, средний показатель преломления от 1,57 до 1,63. Месторождение одонтолита имеется во Франции. От бирюзы его можно отличить по наблюдаемому под микроскопом характерному рисунку костей. Кроме того, обычно одонтолит содержит некоторое количество карбоната кальция, в связи с чем с шипением реагирует с HCl. Под названием «австралийская бирюза» или «австралийский жад» широко используется как имитация бирюзы варисцит $\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ромбическая сингония; твердость — 3,5—5; спайность совершенная по {010}; плотность 2,2—2,61 г/см³; $n_g = 1,570—1,594$; $n_m = 1,565—1,584$, $n_p = 1,550—1,563$, $n_g - n_p = 0,010—0,031$; в ультрафиоле-

товых лучах инертен). Хризоколлу $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ можно отличить от бирюзы по более низким значениям твердости — от 2 до 4 (хотя если она пропитана кварцем, то твердость такого агрегата повышается до 7), плотности — 2,00—2,45 г/см³ и показателей преломления — обычно $n = 1,50$ (средний); $n_g = 1,598$ —1,635, $n_m = 1,597$, $n_p = 1,585$, $n_g - n_p = 0,013$ —0,050.

В качестве имитаций могут применяться такие минералы, как лазулит, гемиморфит, шаттукит, прозопит, хаулит, церулеит, амазонит, крашенные говлит и халцедон и некоторые другие, а также искусственные материалы: эмали, пластмассы, стекла, керамика, фарфор, фаянс и др. Последние отличаются твердостью, плотностью, наличием мелких пузырьков.

СПОДУМЕН

Сподумен — литийсодержащий пироксен — $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, кристаллизующийся в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Он является основной рудой лития. Название его связано с наиболее характерной для этого минерала серовато-белой окраской (от греч. σποδοειρεος — 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 обнаружен 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 использоваться в качестве ювелирных камней.

Изумрудно- и голубовато-зеленая окраска гидденита связана с наличием ионов V^{3+} или Cr^{3+} , изоморфно замещающих ионы алюминия в структуре сподумена [28], а розовая, фиолетово-розовая окраска кунцита — ионов Mn^{2+} и Mn^{3+} (рис. 35). При облучении розовая окраска кунцита переходит в зеленую. Многие сподумены, особенно слабоокрашенные, обесцвечиваются под воздействием солнечного света.

У всех сподуменов отчетливо выражен плеохроизм: цвет кунцита по N_p темно-фиолетовый или темно-розовый, по N_m фиолетовый или розовый, по N_g кунцит бесцветен; цвет гидденита по N_p изумрудно-зеленый, по N_m голубова-

то-зеленый, по N_g минерал бесцветен. 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, $2V = 55-68^\circ$; $n_g = 1,662-1,668$, $n_m = 1,655-1,673$, $n_p = 1,648-1,670$, $n_g - n_p = 0,012-0,027$. Дисперсия — 0,017. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности — перламутровый отлив. Твердость 6,5—7. Плотность 3,0—3,2 г/см³. Спайность совершенная по {110}, по {100} наблюдается отдельность. Кунцит люминесцирует в ультрафиолетовых лучах желтым или оранжевым цветом.

Сподумен встречается в редкометальных гранитных пегматитах в виде кристаллов, иногда громадных. Самый крупный кристалл сподумена массой 65 т, длиной 12,6 м и размером в поперечнике 13×2×1 м был найден в США в шт. Южная Дакота. Кунцит и гидденит встречаются довольно редко. Размеры их кристаллов, по мнению А. И. Гинзбурга, ограничены тем, что они, вероятно, кристаллизуются в трещинах и пустотах пегматита в конце пневматолито-гидротермальной стадии развития пегматитового процесса. Крупнейший кристалл кунцита из шт. Калифорния (США, район Пала) массой 2200 г находится в Гарварде. К числу уникальных относятся бразильские кунциты, хранимые в Смитсоновском институте в США (880 кар) и Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана АН СССР. Самый крупный гидденит размером 3×0,6 см экспонируется в Вене в Музее натуральной истории.

Крупнейшие месторождения кунцита расположены в США (шт. Калифорния, район Пала), Бразилии (шт. Минас-Жерайс), на Мадагаскаре.

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; встречаются также голубые, желто-зеленые, желтые, бесцветные прозрачные кристаллы сподумена.

Гидденит известен в шт. Северная Каролина США (район Стоуни-Пойнт), 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 синтетические корунд и шпинель, ИАГ, фианит, стекло, от которых он отличается рядом свойств, прежде всего, показателями преломления, высоким двупреломлением (благодаря чему можно наблюдать четкое раздвоение ребер нижних граней при просмотре камня через площадку), совершенной спайностью, сильным плеохроизмом и желтой или оранжевой люминесценцией. 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 классе симметрии; является крайним членом изоморфного ряда диопсид ($\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$) — геденбергит ($\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$). Промежуточные члены этого ряда — салит, ферросалит. Название произошло от греч. $\delta\iota\varsigma$ — двойной и $\omicron\phi\iota\varsigma$ — 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 Людовика Геденберга, который впервые описал его.

Цвет диопсида серый, иногда минерал бесцветен (см. рис.35); с увеличением содержания Fe^{2+} он 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 — в желтый и коричнево-желтый. Существует несколько разновидностей диопсида: виолан — фиолетовый и голубой (цвет придают Mn^{2+} и Mn^{3+}); шефферит — 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, представляющий собой хромсодержащую разновидность диопсида; лавровит — зеленый, содержащий до 4% V_2O_5 ; смарагдит — красивого изумрудно-зеленого цвета камень, замещенный в значительной степени роговой обманкой. Известны также диопсиды с эффектом «кошачьего глаза» и черные диопсиды,

на которых при определенном освещении видна четырехлучевая звезда (астеризм).

Диопсид часто встречается в виде призматических кристаллов различного размера. Очень крупные, хорошо образованные кристаллы из Прибайкалья (Слюдянка) называются байкалит. Масса крупных ювелирных камней обычно не превышает 20 кар. В Смитсоновском институте (США) 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 естественной истории находится зеленый диопсид массой 38 кар.

Агрегаты диопсида могут быть волокнистыми, при их обработке возникает бархатистый или перламутровый отлив.

Диопсид обладает стеклянным блеском. Спайность у него средняя по призме {110} с углом 87° , иногда по {010} наблюдается отдельность. Твердость сравнительно невысокая — 5,5—6,6. Плотность 3,22—3,28 г/см³. Оптические константы изменяются в зависимости от состава. Показатели преломления диопсида: $n_g = 1,695—1,721$, $n_m = 1,672—1,701$, $n_p = 1,664—1,695$, $n_g - n_p = 0,024—0,031$; $2V = 50—60^\circ$; плеохроизм отсутствует. У хромдиопсида $n_g = 1,702—1,708$, $n_m = 1,680—1,686$, $n_p = 1,672—1,674$, $n_g - n_p = 0,028—0,031$; $2V = 55^\circ$; плеохроизм от желто- до изумрудно-зеленого. Показатели преломления геденбергита: $n_g = 1,741—1,751$, $n_m = 1,723—1,730$, $n_p = 1,716—1,726$, $n_g - n_p = 0,025—0,029$; $2V = 52—62^\circ$; 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, контактово-метасоматических образованиях, метаморфических породах; обнаружен в галечниках (о. Шри-Ланка). Хромдиопсид встречается в кимберлитах, эглогитах, дунитах, 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 (шта-

ты Калифорния, Иллинойс), желтые, а также уникальные темно-зеленые и черные диопсиды с астеризмом в виде четырехлучевой звезды — в Индии. Изумрудно-зеленые хромдиопсиды найдены в Финляндии (Оутокумпу) и ЮАР (Кимберли). Уникальным является Инаглинское месторождение хромдиопсида в СССР (Алдан). По данным Н. Л. Добрецова и др., ювелирного качества хромдиопсиды с содержанием 0,2—3,5% оксида хрома приурочены к диопсид-ортоклазовым, диопсид-ортоклаз-вермикулитовым и вермикулит-диопсидовым пегматитам, где они представляют собой различной величины (до 50 см в поперечнике) зеленые, желтовато- и густо-зеленые кристаллы (см. рис. 35); отмечаются кристаллы с зональной окраской. Выход ювелирного хромдиопсида в различных частях месторождения неодинаков. По данным Г. П. Пацкевич, наиболее перспективна центральная часть, в которой содержится темно-зеленый хромдиопсид.

КВАРЦ

Среди всех минералов кварц наиболее распространен в природе. Различные разновидности его с древних времен использовали в ювелирном деле. Кварц часто встречается в виде хорошо образованных кристаллов различного цвета и друз, 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, прازیолит, розовый кварц, празем, кошачий глаз и др. — и скрытокристаллические — халцедоны: хризопраз, сердолик, карнеол, сардер, сапфирин, плазма, гелиотроп, кремьен, агат, оникс и др. Кроме того, в ювелирных изделиях применяют горные породы, состоящие в основном из кварца, — яшмы и кварциты.

Чистый кварц бесцветен и прозрачен, как вода. Цвет разновидностей кварца представляет весь солнечный спектр (рис. 36): фиолетовые аметисты, синие и голубые халцедоны и сапфирины, зеленые моховики, плазма, празем и хризопраз, желтые и золотистые цитрины, оранжевые сердолики, мясо-красные карнеолы и зеленые с кровавыми пятнами гелиотропы и, наконец, широкий спектр цветных яшм. В мире нет другой породы, имеющей

такую полную, разнообразную и непередаваемую палитру оттенков цветов.

Отдельные разновидности кварца были известны еще древним римлянам и грекам, которые считали его замерзшим льдом. Теофраст называл горный хрусталь «кристаллосом» (от греч. κρῖσταλλος — лед), который замерз настолько, что потерял способность таять. Плиний Старший в «Естественной истории» утверждает, что хрусталь «образуется действием сильного холода...». Академик А. Е. Ферсман [41] считал, что это представление возникло при сравнении хрустала с холодами альпийских высот, где находится ряд прекрасных месторождений этого минерала.

По мнению Г. Банка [6], название этому минералу дали горняки в XV в. В 1529 г. Агрикола впервые ввел его 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 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 полагали, что в горном хрустале заключена волшебная энергия, поэтому круглые прозрачные камни из хрустала прикладывали к ранам. Яшма применялась при лечении лихорадки, эпилепсии и т. д.

С древних времен считали, что определенные камни могут оказывать влияние на судьбу. Астрология определяла камень в соответствии со звездой, под которой родился человек, или в зависимости от соответствующего знака Зодиака. Существуют различные таблицы, в которых приведены сведения о «счастливых» камнях. Так, знакам Зодиака соответствуют следующие камни:

Овену (21 марта — 20 апреля) — красные яшма или карнеол,
Тельцу (21 апреля — 20 мая) — оранжевый карнеол или розовый кварц,
Близнецам (21 мая — 20 июня) — цитрин или тигровый глаз,
Раку (21 июня — 20 июля) — хризопраз или серый авантюрин,
Льву (21 июля — 22 августа) — горный хрусталь или золотистый кварц,

Деве (23 августа — 22 сентября) — цитрин или желтый агат,
Весам (23 сентября — 22 октября) — оранжевый цитрин или дымчатый кварц,
Скорпиону (23 октября — 21 ноября) — красный карнеол или сардер,
Стрельцу (22 ноября — 21 декабря) — сапфирин или халцедон,
Козерогу (22 декабря — 20 января) — оникс или кошачий глаз,
Водолею (21 января — 18 февраля) — бирюза или соколиный глаз,
Рыбам (19 февраля — 20 марта) — аметист или аметистовидный кварц.

Кристаллы кварца, друзы, жеоды, сростки изумительны по красоте. Они 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 сердолик, карнеол, оникс, празем, яшма, агат, аметист, сардер, халцедон, гелиотроп и горный хрусталь. Отшлифованные вставки из горного хрусталя, цитрина, аметиста, дымчатого кварца, халцедона использовали для украшения предметов религиозного культа, а также оружия, одежды и предметов домашнего обихода. Эти изделия представлены в экспозициях Государственного Эрмитажа и 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, незаменимое в оптике, радиоэлектронике, полупроводниковой технике. Из кварца делают призмы, подшипники и подпятники для точных приборов — часов, весов и т. п. Прекрасным отделочным материалом служат яшмы и кварциты. Так, красным шокшинским кварцитом украшен Мавзолей В. И. Ленина, красивыми яшмами — станции Московского метрополитена. Из агата изготавливают ступки для истирания горных пород.

Кварцевые пески издавна были ценным сырьем для получения стекла, в том числе и оптического. Кварц называют «отцом стекла». Хрусталь, зеркальное, оконное, бутылочное стекло, оптические стекла, лабораторная посуда — все они сделаны из кварца с добавками извести и щелочей. Свойство кварца выдерживать высокие температуры делает его незаменимым для изготовления огнеупорных кирпичей — динаса, применяемого в мартеновских 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 представляет собой оксид кремния — SiO_2 . В природе существуют две полиморфные модификации кварца: высокотемпературный β -кварц, кристаллизующийся в гексагональной сингонии, гексагонально-трапецоэдрическом классе симметрии, и низкотемпературный α -кварц, с верхним пределом устойчивости 573°C , относящийся к тригональной сингонии, тригонально-трапецоэдрическому классу 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.

Кристаллы кварца могут иметь самую разнообразную форму. Основные простые формы — гексагональная призма, ромбоэдр, тригональная дипирамида, трапецоэдр и др. Часто встречаются двойники по дофинейскому (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 срастания двух индивидов, имеющие угол между осями L_3 около 90° .

Обычные размеры кристаллов 2—4 см в поперечнике. Кристаллы большего размера относительно редки, однако иногда встречаются очень крупные, до гигантских. На о. Мадагаскар обнаружены кристаллы, длина окружности которых составляла до 8 м. Известен прозрачный кристалл кварца из Бразилии массой 5,5 т.

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.

Твердость кварца — 7. Спайность несовершенная по ромбоэдру. Излом раковистый. Плотность $2,65 \text{ г/см}^3$. Кварц оптически одноосный, положительный; показатели преломления: $n_o = 1,544$, $n_e = 1,553$, $n_e - n_o = 0,009$; дисперсия — 0,013. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. Кварц стоек к химическому воздействию, он не реагирует с обычными сильными кислотами, растворяется только в плавико-

вой кислоте. Щелочи также практически не действуют на кварц. Температура плавления кварца 1570° С.

Горный хрусталь

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 свойство известно с глубокой древности. Древние мастера-ювелиры с помощью линз из хрустала 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). В Национальной коллекции США имеется яйцо из горного хрустала массой 7 000 кар. Самым крупным шаром из горного хрустала считается хранящийся в США в Смитсоновском институте шар из бирманского кварца, вырезанный в Китае, диаметром 33 см и массой 48,5 кг.

Из хрустала изготавливались сосуды, чаши и кубки, а отшлифованные прозрачные камни использовались в различных ювелирных изделиях как украшения.

В природе встречаются кристаллики горного хрустала, очень похожие на бриллианты (со слабо развитыми гранями призмы и сильным блеском), поэтому их называли алмазами: в Крыму — крымскими алмазами, на Карпатах — мармарошскими алмазами, во Франции — алансонскими алмазами и т. д.

Месторождения горного хрустала связаны с миароловыми пегматитами, гидротермальными рудоносными и безрудными хрусталеносными кварцевыми жилами, а также россыпями. Они известны в СССР (Украина, Урал, Дальний Восток), Бразилии (шт. Минас-Жерайс), Швейцарии (Альпы), Канаде, на Мадагаскаре, в Австралии, КНР, США (штаты Арканзас, Нью-Йорк) и др.

Аметист

Аметист представляет собой фиолетовую различной интенсивности и иногда с розовым или красноватым оттенком разновидность кварца. Он известен с глубокой древности.

и является самым ценным в группе кварца. По старинным преданиям, аметист обладает сверхъестественной силой — приносит удачу, защищает от магии и болезней, предохраняет от опьянения. Слово аметист, очевидно, греческого происхождения и переводится как «непьющий».

В XVI в. на Руси аметист с красноватым оттенком 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. А ще кто этого камени изопьет, то неплодного плодным делает и окорм гасит, воинских людей от недугов оберегает и ко одалению приводит, и к ловлению зверей диких и птиц добре есть помощен. Амефис ускромляет мощность и не допускает того, кто его носит, в памяти отходити».

Аметист — излюбленный камень служителей церкви. Им украшали иконы, алтари, наперсные кресты и панагии.

Корона русской царицы Ирины Годуновой была украшена огромными аметистами густого фиолетового цвета, которые чередовались с сапфирами.

Из кристаллов аметиста в древности изготовляли печати с гравировкой, а также украшения округлой формы (наподобие кабошона). В настоящее время аметист используется в качестве материала для огранки вставок для колец, серег, бус и т. п. Одновременно щетки мелких кристаллов аметиста, жеоды и миндалины применяют как сувенирно-поделочный камень.

Окраска аметиста может сильно варьировать от фиолетовой с кровавым оттенком (СССР, Урал; США, шт. Северная Каролина) до сине-сиреневой (СССР, Кольский полуостров). Радиационная природа окраски аметиста, по данным М. И. Самойловича и Л. И. Цинобера [24], связана с замещением иона Si^{4+} ионом Fe^{3+} с компенсацией заряда ионами щелочных металлов или протонами. Окраска в кристаллах распределяется неравномерно: пирамиды роста граней положительного ромбоэдра окрашены в пурпурно-фиолетовый цвет, отрицательного — бесцветные или слабо фиолетовые, гексагональной призмы — бесцветные или дымчатые. Это связано с неравномерной заселенностью элементарной ячейки кварца центрами аметистовой окраски [24] и вызывает явление аномального плеохроизма.

Под действием солнечного света аметист может выцветать. При нагревании до температуры 200°C аметист обесцвечивается, но при охлаждении окраска появляется вновь.

При нагревании до 300—500° С аметист полностью утрачивает окраску. Однако она может быть восстановлена ионизирующим облучением. При прокаливании аметиста при температуре более 500° С образуется устойчивая желтая окраска и он переходит в цитрин, а при температуре более 600° С окраска становится мутно-молочной, имитирующей лунный камень.

Под воздействием продолжительного ультрафиолетового освещения окраска аметиста исчезает, но повторной обработкой рентгеновскими и γ -лучами можно восстановить и усилить его цвет.

В природе аметист встречается в виде вытянутых и скипетровидных кристаллов, в двойниках и четверниках, друзах, щетках, сростках и параллельно-шестоватых агрегатах. Как правило, длина кристаллов от 5 до 100 мм. Иногда встречаются довольно крупные кристаллы. В Национальной коллекции США находится ограненный бразильский аметист массой 1362 кар.

Действующими в СССР ТУ предусматривается разделение аметиста на два сорта. К I сорту относятся кристаллы, имеющие выход бездефектной области от 75 до 100%, а ко II сорту — от 35 до 75%. Масса кристаллов соответственно 1 и 0,5 г. Наименьший размер грани кристалла должен быть 6 мм.

Для изготовления кабашонов 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 наполнением должны иметь размер не менее 2,5 см², бесцветный кварц не должен занимать более 25% всей площади образца.

Месторождения аметиста связаны с пегматитами, гидротермальными образованиями и россыпями. В СССР они известны на Полярном Урале (Хасаварка), Среднем Урале (Мурзинский аметистоносный район — копь Ватиха и др.), в Средней Азии (Сельбур и др.), Якутии (Обман), на северо-востоке в пределах Омолонского срединного массива (Кедонское). Аметистовые щетки известны в уникальном месторождении Мыс Корабль на побережье Кандалакшского залива Белого моря, в Армении (Иджеван), Азербайджане (Дашкесан), Восточной Сибири (Ангаро-Илимская группа месторождений). Имеются месторождения и блед-

но-сиреневого и фиолетового кварца, идущего на изготовление различных поделок и сувениров (коробочек, шкатулок и т. д.).

За рубежом аметист добывается в Бразилии (Монтесума, Кируджа, Гроту-до-Кошо), Уругвае, Индии, Шри-Ланке, США (штаты Виргиния, Аризона), Зимбабве (Мвакамбико — одно из крупнейших месторождений в мире), на Мадагаскаре, в Австралии и др.

Цены на аметисты, как и на другие ювелирные камни, очень непостоянны. Так, в 1980 г. в США на уровне оптовой торговли они составляли на аметисты от пурпурно-красного до пурпурно-коричневого цвета массой 5—10 кар 4—10 дол./кар, массой 10—15 кар — 10—25 дол./кар. Довольно низкие в настоящее время цены на аметисты можно, вероятно, объяснить большим количеством на рынке прекрасных синтетических аметистов, практически не отличимых большинством геммологических методов от природных. В связи с этим цены на природные и синтетические аметисты примерно одинаковы. В зависимости от интенсивности и оттенка окраски аметист можно спутать также с корундом, шпинелью, флюоритом, кунцитом, топазом и др. Идентификация его ведется по физическим свойствам, наличию жидких и газовой-жидких включений, образующих «муаровые (тигровые) узоры», двойников, неравномерности окраски.

Дымчатый кварц и морион

Дымчатым кварцем, или — устаревшее — раухтопазом, называют прозрачную разновидность серого, коричневатого-серого, от бледно- до густо-коричневого цвета. Такая окраска обусловлена дефектно-дырочным парамагнитным центром, образующимся при замещении иона Si^{4+} ионом Al^{3+} с компенсацией избыточного заряда ионами Na^+ , Li^+ или протонами, расположенными в междуузлиях. Дымчатая окраска является неустойчивой — при температуре 300—320° С она полностью исчезает.

Морион — кварц черного цвета, просвечивающий в тонких сколах, напоминающий смолу (отсюда его название, которым пользовались уральские горщики, — смоляк). Окраска мориона связана с тем, что в нем, помимо имеющихся, как и в дымчатом кварце, Al-центров, присутствуют еще два дырочных и два электронных центра, связанных с различными кислородными и кремниевыми вакан-

сиями и дивакансиями [24, 28]. При нагревании морионов до 300—350° С они становятся прозрачными и приобретают желто-оранжевую цитриновую — окраску. Этим свойством пользовались на Урале еще в прошлом веке, где для получения цитрина, как описывал А. Е. Ферсман, морион или дымчатый кварц запекали в хлебе.

В кристаллах дымчатого кварца, как и аметиста, можно наблюдать явление аномального плеохроизма — изменение окраски от фиолетово- до зеленовато-дымчатой, что необходимо учитывать при обработке камня. Дымчатый кварц и морион с давних пор используют для вставок в кольца, кулоны, запонки и т. д. Изготавливают из них различные поделки и сувениры.

Согласно действующим в СССР требованиям, к I сорту относятся кристаллы дымчатого кварца и мориона с размерами бездефектных областей 15×15×12 и 15×15×15 мм.

Месторождения дымчатого кварца и мориона, связанные с миароловыми пегматитами и образующимися при их разрушении россыпями, известны в СССР (Украина, Казахстан и др.), Бразилии (шт. Минас-Жерайс), Великобритании, Швейцарии, США, Мозамбике, на Мадагаскаре.

Цитрин

Эта разновидность кварца получила название из-за лимонно-желтого цвета. Ювелиры часто называют золотисто-желтые цитрины «золотистыми топазами», а буровато-желтые — «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. Многообразие оттенков цвета цитрина связано с тем, что существует, по крайней мере, три их разновидности различной природной окраски: 1) с тонкой механической примесью оксидов и гидроксидов Fe; 2) с дырочными центрами, возникающими при облучении кварца, в которых часть ионов Si^{4+} замещена ионами Al^{3+} с компенсацией зарядов ионами Li^{+} и H^{+} ; 3) содержащие, помимо центров типа 2, центры, связанные с вакансиями и дивакансиями O и Si [24, 28].

Большая часть поступающих в продажу цитринов представляет собой обработанные аметисты, дымчатые кварцы или морионы. Это достигается прокаливанием аметиста при температуре 500° С, после чего он приобретает устойчивый

желтый цвет. В. Шуман утверждает, что при нагревании до 170° С бразильские аметисты становятся светло-желтыми, а до 550—560° С — темно-желтыми до красно-коричневых.

Некоторые разновидности дымчатого кварца приобретают желтый цвет при нагревании до 300—400° С. У всех термически обработанных камней окраска более густая и заметен красноватый оттенок, природные цитрины обычно бледно-желтые. Кристаллы с природной окраской обладают слабым плеохроизмом, а в нагретых до определенной температуры цитринах он отсутствует.

Цитрины встречаются довольно редко. Месторождения цитринов, связанные с миоароловыми пегматитами и россыпями, известны в Бразилии (штаты Баия, Гояс, Минас-Жерайс), на Мадагаскаре, в США (шт. Колорадо), Испании (пров. Кордова), Франции и Великобритании (Шотландия). В СССР великолепные кристаллы цитринов винно-желтого цвета находили на Урале, красивые 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. Форма огранки прозрачных разновидностей цитрина бриллиантовая или комбинированная, непрозрачных — плоская, моховиков — кабошоны.

Действующими в СССР требованиями на цитрин предусмотрено, что к I сорту относятся кристаллы размером 10×10×10 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 75 % объема.

Стоимость цитринов на мировом рынке в настоящее время сравнительно невысокая из-за наличия практически неотличимых от природных синтетических и облагороженных камней. В 1980 г. в США цена цитрина в 1—5 кар достигала 6 дол./кар, а в 5—10 кар — до 12 дол./кар (на уровне оптовой торговли).

Празиолит

Название этого луково-зеленого кварца произошло от греч. πραϊος — луковый и λίθος (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° С приобретают красивый зеленый цвет. Кристаллы празиолита прозрачны.

Плеохроизм у празиолита весьма слабый — от светло-до бледно-зеленого. Люминесценция отсутствует. Кроме бразильских камней, подобными свойствами обладает кварц месторождения в шт. Аризона (США). По внешним признакам празиолит похож на берилл, перидот и турмалин.

Розовый кварц

Кварц нежного розового, ярко-розового до розово-красного цвета иногда с пурпурным или лиловым оттенком встречается обычно в виде плотных зернистых агрегатов в кварцевых ядрах хорошо дифференцированных пегматитовых тел. Прозрачность их довольно ограничена, отмечаются лишь отдельные прозрачные участки. Иногда в слабо окрашенных образцах наблюдается опалесценция в молочно-белых тонах. Особенно интересен розовый кварц, обладающий астеризмом, в котором двенадцатилучевая звезда появляется благодаря присутствию ориентированных включений рутила. Иногда образцы таких астериксов имеют значительные размеры, например, в Национальной коллекции США хранится шар из розового кварца с эффектом астеризма, массой 625 кар. Окраска розового кварца обусловлена, по видимому, примесью ионов Ti^{3+} . Она устойчива только до температуры 300° С, при нагревании выше которой полностью исчезает [28]. В ультрафиолетовых лучах розовый кварц слабо люминесцирует темно-фиолетовым цветом.

Добывают розовый кварц попутно со слюдой, горным хрусталем и редкометалльными минералами. Месторождения его известны в США (штаты Мэн, Калифорния, Южная Дакота, Колорадо), Бразилии, ФРГ, на Мадагаскаре.

В СССР розовый кварц встречается в Северной Карелии (Никонова Варака, Пирт-Остров, Лисий Бор и др.), на Алтае (Тигирецкий хребет), в Казахстане (Кент), Средней Азии и др.

Розовый кварц используют в виде кабошонов в кольцах, ожерельях, бусах и др. Из мутных непрозрачных разновидностей изготавливают вазы, чаши и т. п. В США в 1980 г. цена обработанного розового кварца массой 1—5 кар составляла до 1 дол./кар.

Авантюрин

Под этим названием известен мелкозернистый кварц коричневатого, серо-желтого, красноватого цвета с золотым искристым отливом, обусловленным включениями мелких чешуек гематита, гётита или биотита, а также зеленоватого цвета с мерцающим блеском, возникающим из-за включений фуксита или жильбертита, и зеленовато-серого или белого цвета, появляющегося из-за включений серицита.

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 Государственном Эрмитаже хранят 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, КНР, США, Испании, Чили. В СССР этот камень добывался на Урале в районе между Златоустом и Миассом, около Свердловска, а также на Алтае.

Помимо природного авантюрина, очень широко применяется авантюриновое стекло, которое обычно обрамляется золотом и имеет очень яркий нарядный вид. Впервые оно было получено, вероятно, в 1700 г. в г. Мурано (около Венеции) совершенно случайно. Название природного авантюрина, как и этой стеклянной имитации, обладающих искристым, переменчивым сверканием, произошло от итальянского *avventura* — приключение. Возможно, секрет получения такого искристого стекла был известен еще древнеегипетским мастерам. Существует ряд технологий получения авантюринового стекла. Одна из них была разработана в Петербурге в Технологическом институте в конце XIX в. Авантюриновое стекло может быть зеленого (при добавлении оксидов Cr), синего (при добавлении оксидов Co), но чаще всего красно-бурого (при добавлении оксидов Cu и Fe) цвета. Современное авантюриновое стекло отличается от природного авантюрина меньшей твердостью, наличием правильных тригональных или гексагональных включений медной стружки, октаэдрических кристалликов меди.

Празем

Празем — компактный кварцевый агрегат (или халцедон, по А. Е. Ферсману) светло- или луково-зеленого цвета. Его название произошло от греческого *πρασοῦ* — лук-порей. Это полупрозрачный кварц, цвет которого зависит от наличия в нем мельчайших включений гарниерита и других никельсодержащих силикатов [8].

Празем используется для ювелирных украшений — брошей, ожерелий, браслетов. Камни гранятся в виде кабошонов.

Наиболее известны месторождения празема в Австрии (Зальцбург), ГДР, Великобритании, Финляндии и Бразилии.

Кошачий глаз. Тигровый глаз. Соколиный глаз

Иногда кварц образует псевдоморфозы по срастаниям параллельноволокнистых разновидностей роговой обманки, асбеста, крокидолита и др. На изломе отмечается сильный шелковистый блеск, который можно усилить огранкой в форме кабошона. В этом случае на камне появляется резкая светлая линия или дугообразное сияние, напоминающее зрачок глаза животного или хищной птицы.

Кошачьим глазом называют подобные образования зеленого, серого, серовато-зеленого цвета. Эффект сияния и цвет вызваны включениями асбеста.

Самые крупные месторождения этого камня находятся на о. Шри-Ланка, где он встречается в россыпях драгоценных камней в виде гальки размером в грецкий орех. Наиболее ценятся камни с голубоватым сиянием. В СССР эти удивительные камни попадают на Урале около г. Златоуста. Кроме того, месторождения кошачьего глаза есть в Индии, США, Мексике.

Соколиным глазом называют синий, серо-синий кварц с голубым отливом, появление которого связано с ориентированными включениями крокидолита. Крокидолит представлен игольчатыми кристаллами с прямолинейной, чаще волнистой волокнистостью. В изломе наблюдается шелковистый блеск, на плоскостях — иризация. Месторождения этого минерала известны в ЮАР (Приска) и Австрии (около г. Зальцбурга).

Тигровый глаз — кварц красивого золотисто-желтого

или золотисто-коричневого цвета, с шелковистым отливом, вызванным развитием гётита по ориентированным включениям крокидолита в результате окислительных процессов или тончайшими каналами, образовавшимися при выщелачивании крокидолита и заполненными лимонитом.

Волокнистые сростания кварца с другими минералами используют для изготовления ювелирных украшений. Камни гранят в виде кабошонов. Месторождения тигрового глаза имеются в ЮАР (Приска), Австрии, Бирме, Индии, США (шт. Калифорния), СССР (Украина).

Халцедон

Кроме яснокристаллических разновидностей, кварц встречается в природе в скрытокристаллическом виде. Кристаллическое строение такого кварца — халцедона — можно обнаружить только под электронным микроскопом или выявить при помощи рентгеноструктурного анализа. Халцедон образует корки, почки, сферолиты, желваки. Электронно-микроскопические исследования позволяют выявить его микроволокнистое строение. Вдоль волокон расположены каналы, а перпендикулярно к ним — слои, от грубых до тончайших (до нескольких тысяч на 1 см). Часто эти волокна стянуты в многочисленные сферолиты. Халцедон обладает большой пористостью, размер пор $\sim 0,1$ мкм. Состав халцедона может несколько изменяться: помимо SiO_2 (90—99%) в нем может присутствовать некоторое переменное количество H_2O , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , NiO , MnO и др. Пористость обуславливает у халцедона более низкие, чем у яснокристаллического кварца, твердость (6,5—7), плотность (2,57—2,64 г/см³) и показатели преломления ($n_e = 1,539$ —1,544, $n_o = 1,526$ —1,535, $n_e - n_o = 0,004$ —0,009).

Халцедон обычно полупрозрачный или просвечивает в тонких сколах. Блеск его слабый, восковой. Окраска халцедона гораздо богаче и разнообразнее, чем кварца (рис. 37).

А. Е. Ферсман классифицировал халцедон по окраске: обыкновенный халцедон — серый, желтоватый, голубоватый; хризопраз — изумрудно-, травяно- и яблочно-зеленый; сердолик — красно-оранжевый; карнеол — красный; сардер — коричневый; сапфирин — голубой, молочно-синий; плазма — светло- и луково-зеленый; гелиотроп — темно-зеленый с красными крапинками; кремь — желтый, бурый,

темный, с примесями глинистых, железистых веществ, кварца, опала и др.

Полосчатые разновидности халцедона представлены агатами и ониксами. В агатах слои различной окраски, расположенные в основном параллельно друг другу, расходятся концентрическими кругами причудливых волнистых очертаний. 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. 38).

Название *халцедон* произошло, по-видимому, от названия древнего г. Халкедон, расположенного в районе Босфора.

В древние времена из халцедона изготовляли украшения и предметы домашней утвари. Камни из халцедона носили как талисманы, предохраняющие от душевных заболеваний и депрессии. В настоящее время из него делают вставки в виде кабашонов для ювелирных изделий. Халцедон хорошо принимает полировку, слегка просвечивает, что придает ему непередаваемую красоту.

Хризопраз — самая ценная разновидность халцедона красивого луково-, травяно-, яблочно-зеленого цвета. Обычно в хризопразе, помимо халцедона, содержатся также кварцин, α -кварц и α -тридимит. Цвет камня, как правило, неоднородный — от очень слабого до глубокого зеленого со всеми тончайшими переходами между ними. Окраска может выцветать от продолжительного воздействия солнечного света, однако она восстанавливается, если поместить камень во влажную среду.

Зеленая окраска хризопраза зависит от наличия тонкодисперсных включений Ni-сапонита (пимелита), гарниерита, бунзенита и других никельсодержащих минералов и геля — $\text{Ni}(\text{OH})_2$, который находится в хризопразе, как показали электронно-микроскопические исследования, между изометричными зернами размером 0,5—50 мкм [24]. Месторождения хризопраза связаны с линейными корами выветривания никеленосных гипербазитов.

Первое месторождение хризопраза — Шкляры — было обнаружено в XIV в. в Польше. Нежный цвет, красивый блеск и прекрасная полировка сделали его одним из любимых ювелирами камней. В Москве в Оружейной Палате хранятся различные изделия, в отделке которых использовался хризопраз. Вставки из хризопраза в настоящее время применяются в кольцах, кулонах и

серьгах. Очень красив этот камень в бусах, ожерельях и браслетах. Хризопраз гранится в виде кабошонов.

Месторождения хризопраза расположены в СССР (Сарыкул-Болды, Ново-Аккермановское), Бразилии, США (штаты Аризона, Орегон, Калифорния). Основным поставщиком на мировой рынок высококачественных хризопразов в настоящее время — Австралия (месторождение Марлборо-Крик в шт. Квинсленд). Только в 1974 г. здесь было добыто 9,03 т камня на сумму 47 тыс. дол. [32].

Зеленая хризопразовая окраска может быть достигнута окрашиванием халцедонов и агатов. Один из методов распознавания такого искусственного окрашивания — использование фильтра Челси, под которым хризопраз остается зеленым, а искусственно окрашенный халцедон — коричнево-красным. Согласно действующим в СССР ТУ, 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 гидроксидов марганца и наличие корок толщиной не более 5 мм. Цена хризопраза за рубежом 140—170 дол./кг [14].

В Зимбабве был встречен халцедон луково-, травяно-, яблочно-зеленого цвета, обусловленного включениями хромсодержащих минералов. Его называли, в отличие от хризопраза, по месту находки мторолитом (мтородит, маторолит). Отличить мторолит можно по четкой линии Sr в спектре поглощения, отсутствующей у хризопраза, имеющего в спектре линии поглощения Ni — 632 нм.

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. *cornum* — кизил). Сердолик желтого цвета называется линкурием.

Сардер — бурая, коричнево-красная и коричнево-каштановая разновидность халцедона. Происхождение названия точно не установлено (возможно, от греч. *sardios* — 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 гидроксидов железа, причем в

темно-бурых частях его в три-четыре раза больше, чем в светлых.

С сердоликом связано немало различных поверий и легенд. В древности ему 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 считали, что он обладает свойством 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 яки кровь, прозрачен». Он «своим красноватым цветом напоминает огонь и кровь, изображает пламень веры». Поэтому из сердолика в России и Европе изготавливали печати, 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 это же время были широко распространены «Лапидарии» — книги о лечебных свойствах камней. В Закавказье и на Востоке в «Лапидариях» писалось, что сердолик оказывает «успокаивающее и умиряющее 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 позд-

ние времена. В XIX в. кольца с сердоликом также воспринимались как талисманы. Так, у А. С. Пушкина было два перстня из сердолика — один с камеей, а второй с инталией, — которым он посвятил несколько стихотворений. В «Талисмане» поэт 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 без конца.

В настоящее время из сердолика делают ювелирные украшения — вставки, ограненные в форме кабошона, кольца и перстни.

Месторождения сердолика известны в Индии, Бразилии, Уругвае, АРЕ. В СССР этот камень распространен в Крыму, Бурятии, Якутии, Хабаровском крае (на р. Зея) и др. А. Е. Ферсман очень красочно описал Мулину гору у д. Мулина в Забайкалье, где в миндалинах 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 гелиотропу приписывалась магическая сила. Плиний Старший сообщал 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» (от греч. «солнце» и «поворот») указывает нам на свойство отражать лучи солнца при погружении камня в воду. Зеленая окраска гелиотропа связана с вклю-

чениями селадонита, красных пятен — с включениями гематита.

Из гелиотропов изготавливают украшения, мужские кольца, печатки и т. п. Месторождения гелиотропа известны в СССР (Восточная Сибирь), Индии (Пука, шт. Махараштра), Австралии, КНР, ЧССР, Бразилии, США (штаты Калифорния, Вайоминг).

Среди халцедонов встречаются разновидности с включениями чешуек и дендритов, чаще всего хлорита, оксидов марганца или железа. Дендритовые включения, сферолиты и чешуйки минералов зеленого цвета образуют *моховой агат*, или *моховик*; узоры хлорита в нем порой имеют причудливые очертания и напоминают лесные пейзажи, дремучие заросли, ветви или таинственные водоемы. Марганцевые дендриты черного цвета, разветвляясь по трещинам халцедона, чаще всего бывают похожи на ветви деревьев или кустарников, а также образования, подобные тонким морозным узорам на стекле. Подобные 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. 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 в СССР на Урале и в других районах.

Очень красивые агаты и ониксы. *Агаты* бывают кольцевые (глазчатые), крепостные — напоминающие очертания крепости в плане, пейзажные, полосчатые. Название агат получил от р. Агатос на о. Сицилия, где с древних времен часто находили этот минерал.

Агат — один из самых красивых камней среди халцедонов. Нарядная полосчатость, образованная слоями шириной от долей миллиметра до нескольких миллиметров, тонкие цветовые 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 изготовления резных печатей, гемм и украшений, чаш, ваз, кубков, рукояток для ножей, табакерок, шахматных фигурок и т. п. В настоящее время агат применяется в ювелирном деле, а также в промышленности — из него получают 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 меди с последующим прокаливанием на огне. Плиний Старший в «Естественной истории» пишет о том, что 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 г. Идар-Обершейна (ФРГ) были построены первые агатовые мельницы (фабрики), на которых обрабатывали агаты. 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 прокалывание, и современные — облучение нейтронами, электронами и другими частицами с высокой энергией.

Месторождения агатов распространены повсеместно. Особенно богатые месторождения находятся в ФРГ (Идар-Оберштейн), южных районах Бразилии, Индии, Мексике, Уругвае, США, Норвегии, Великобритании, ЧССР и др. В СССР агаты известны в Закавказье (Тедзамское, Иджеванское, Калининское, Шахназарское, Аджикендское, Тоданское, Шурдо, Цохтеви, Памачское и др.), на Северном Тимане (Мыс Чаичий, Иевское), Урале (Магнитогорское), в Бурятии (Тулдунское), на Дальнем Востоке (по рекам Зее, Бурее и др.), на Северо-Востоке СССР и др.

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 формирование колец Лизеганга.

Важным источником добычи агатов являются россыпи. В соответствии с требованиями, предъявляемыми в СССР к ювелирно-поделочным агатам, они разделяются на высший, I, II и III сорта в зависимости от минимального размера камня и его качественной характеристики. Агат-вые миндалины и технический агат могут быть трех сортов в зависимости от размера. Минимальный размер технического камня I, II и III сортов соответственно 25, 12 и 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 можно прочесть следующее: «...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 различного 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 халцедониксе, сочетание полос любых 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 древности на Востоке твердые камни зеленого цвета называли иешмие, яшм или яшаб. О названии яшмы А. Е. Ферсман писал: «Один думает, что оно происходит от греческого слова «ядро» — лечу, другие — и это, вероятно, более правильно, — связывают его со звуками названия нефрита в Китае — «ю-ши».

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, хорошо полирующиеся горные породы.

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 [7] разделяют яшмы на две группы: I — собственно яшмы — породы богатые

кварцем и халцедоном, связанные генетически с вулканогенными и эффузивно-осадочными формациями; II — 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 деятельностью лав — порфиров различного состава. Возможны и другие пути формирования яшмы — при метаморфизме 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 число 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, копейчатые и др. Яшмы чаще всего встречаются в виде сплошных масс, реже в виде почек и шаров. К ним относятся шары из красной яшмы месторождения в Ауггене (Саксония, ГДР), «нильский голыш», встречающийся в каменной 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 создавать 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 изготавливали 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 отве-

селит 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 (Кольванская) 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 (рис. 39). На Урале яшмовый пояс тянется с севера на юг. Самые известные месторождения расположены около г. Орска. Орское месторождение представляет собой 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, жиллообразных тел. Минеральный состав орских яшм: зерна кварца размером 2—10 мкм, реже до 40 мкм, зерна граната размером до 3 мкм, гематит в пылевидном состоянии, магнетит в виде октаэдров размером до 20 мкм (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 к северу от горы Полковник. Здесь залегают ленточные яшмы, у которых темно-красные слои чередуются с зелеными. В состав яшм входят (в %): гранат — до 13, гематит — до 1, пирит — до 1, кварц — до 8,5.

В северной части Башкирии расположена Миасско-Учалинская группа яшмовых месторождений. Основное — Старомуйнаковское (к югу от г. Миасса), где развиты ленточные сургучные, пятнисто-полосчатые и ситцевые яшмы. Мощность линз до 8 м, длина 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. Ленточные яшмы залегают в виде линз длиной до 120 м или пластов; в породе темно-вишневые и темно-красные полосы чередуются с темно- и серо-зелеными.

Недалеко от г. Нижнего Тагила находится Кушвинское месторождение белой яшмы с красными участками или тонковолокнистыми жилками красного цвета. В ее состав входят (в %): халцедон — более 70, пумпеллит — 17, каолинит — 5, хлорит — 4 и пирит — 2.

Яшмовидные породы также широко распространены на Урале. Самое северное месторождение — Аушкульское — находится около г. Миасса. Здесь яшмы разрабатывались с XVII в. Аушкульская яшма имеет 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 около одного из озер Учалинской группы на горе Сабинда находится знаменитое месторождение калканской яшмы, для которой характерен серо-зеленый цвет. 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 пренитизации. В ее состав входят альбит, пироксен, стекло, хлорит, эпидот, пренит и актинолит.

На Алтае находится ряд месторождений яшм II группы (яшмовидных пород). Прежде всего следует отметить ревневские яшмы, расположенные в 25 км к востоку от г. Змеиногорска. По составу эта яшмовидная порода представляет собой роговик, образовавшийся из сланцев и алевролитов. Яшма очень красивая — с зеленым волнис-

тым рисунком или парчевая с пятнами фисташкового или желтого цвета. В состав этой породы входят (в %): кварц — от 8 до 46, альбит — от 27 до 55, калиевый полевой шпат — от 8 до 24, эпидот, актинолит, диопсид — от 10 до 20.

В 13 км к юго-востоку 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 г. Лениногорска находится Риддерское месторождение яшмовидной породы. Яшма светлого цвета — серого, розового, зеленоватого; ее минеральный состав таков: кварц — до 30%, хлорит, альбит, цоизит и др. На р. Коргон залегают копейчатые, сургучные яшмовидные порфиры серо-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. Из алтайских яшм на Колыванской гранитной фабрике изготавливали вазы, чаши, торшеры, колонны, столешницы и другие изделия.

Кроме перечисленных, месторождения яшмовидных пород имеются в Крыму (Карадагское), Восточной Сибири (на р. Нижняя Тунгуска), Армении (Иджеванский район) и в ряде других районов нашей страны.

За рубежом крупные месторождения яшмы известны в США (штаты Калифорния, Орегон и др.), Японии, СССР, ГДР, Индии, Венесуэле.

Яшма использовалась и в строительных работах. В XVIII в. в Царскосельском дворце (ныне г. Пушкин под Ленинградом) были сооружены «агатовые комнаты»; одна была отделана яшмой, а вторая «мясным агатом». Для яшмовой комнаты была использована темная малиново-бурая — 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, Китайском двор-

це в Ораниенбауме (ныне г. Ломоносов под Ленинградом), каминьы 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.

В соответствии с действующими в СССР техническими требованиями 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*.

Лазурит $\text{Na}_3\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_3\text{S}$ входит в состав минералов группы содалита. Он кристаллизуется в кубической сингонии, гексатетраэдрическом классе симметрии. Кристаллы, имеющие форму октаэдра или ромбододекаэдра, редки. Обычно лазурит встречается в виде тонко-, мелко- и среднезернистых агрегатов, входит в состав породы, называемой ляпис-лазурь. Последняя образована кальцитом

или доломитом, диопсидом и флогопитом; присутствуют полевые шпаты, содалит, гаюин, пирит и др.

Блеск лазурита стеклянный, матовый. Спайность у кристаллов несовершенная по {110}. Твердость — 5—6. Хрупок. Плотность 2,38—2,42 г/см³, у ляпис-лазури — до 2,7—2,9 г/см³. Показатель преломления $n=1,502-1,505$. В ультрафиолетовых лучах иногда люминесцирует слабым оранжевым, темно-голубым (365 нм), бледно-розовым (254 нм) светом. Цвет фиолетово- и индигово-синий (сорт «ниили» в Афганистане), небесно-голубой, голубой (сорт «асмани»), зеленовато-синий (сорт «суфси»), желтый. Цвет черты — голубой. 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 изометричную форму или вытянутые, извилистые очертания.

Окраска лазурита связана с различными ионами-радикалами: синяя — с SO_4^- и S_3^- (линии поглощения 600 нм), зеленая — с S_2^- и S_3^- (400, 600 нм), желтая — с S_2^- (400 нм) [28]. При нагревании лазурита его цвет становится более густым, темно-синим. 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».

В Древнем Египте, Китае, Месопотамии, Средней Азии, а также в Древней Греции и Риме из этого камня изготавливали украшения, амулеты, статуэтки; он использовался также для приготовления 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. Малая 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. изготавливались 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. 40).

К ювелирным сортам согласно действующим в СССР требованиям относится плотный лазурит темно-синего, василькового и фиолетового цвета. Среди них различают высший, I, II, и III сорт 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, занимающие соответственно не более 5, 10 и 15% общей площади поверхности камня. Вкрапленность пирита не считается дефектом.

За рубежом лазурит добывают в Афганистане — месторождение Бадахшан в горах Гиндукуша. Запасы этого месторождения составляют более 1000 т высококачественного лазурита. В Чили и высокогорном районе Чилийских Анд в провинциях Кокимбо, Антофагаста и Атакама расположены крупные месторождения этого камня. 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 дол./кг, а I сорта 120 дол./кг. Небольшие месторождения лазурита встречаются в США, Канаде, Бирме.

В СССР лазурит добывают в двух районах: в Южном Прибайкалье и на Юго-Западном Памире (Ляджвардинское месторождение). По качеству памирский лазурит не уступает бадахшанскому.

В качестве имитаций лазурита используется так называемый синтетический лазурит — аморфное вещество, по составу не соответствующее природному минералу, но по внешнему виду похожее на него. Это вещество, содержащее примеси кальцита, кварца, минералов группы содалита, было получено П. Жильсоном в 1976 г. Твердость его — 4,5. Плотность $2,33-2,53$ г/см³.

Может имитировать лазурит также «швейцарский ла-

зурит» — окрашенная яшма, лазулит, содалит, азурит, стекло. Идентифицируется лазулит по очень характерному цвету, физическим свойствам, включениям пирита, кальцита, полевых шпатов; под действием соляной кислоты он растворяется с выделением сероводорода.

ЖАДЕИТ

Жадеит известен был человечеству с глубокой древности. Еще в каменном веке он использовался для изготовления оружия и различных хозяйственных инструментов. Позднее он стал широко применяться для обработки при изготовлении ювелирных и художественных изделий, особенно в Центральной Америке. Он был культовым камнем у ацтеков и ценился дороже золота. До настоящего времени в Гватемале, Мексике, Перу, Панаме, Коста-Рике находят художественные изделия и амулеты древней культуры Майя из жадеита. Однако на протяжении почти трехтысячелетней истории жадеит не отделяли от похожего на него нефрита. В Китае эти камни были известны под названием «ю» и символизировали благородство, красоту, чистоту, дружеские чувства; в более позднее время их стали называть «фейцуй», или «камень королевской рыбы».

В Европе эти оба минерала со времен испанских завоеваний Южной и Центральной Америки были известны под названием «жад» от исп. *piedra deijada* — почечный камень, или камень бока, так как в Мексике, откуда ввозились эти камни, местными племенами считалось, что они излечивают боли в боку. В начале XVIII в. жад стали ввозить в Европу из Китая. До настоящего времени жадеит и нефрит часто объединяют под единым названием «жад». А. Е. Ферсман писал, что в этом случае мы встречаемся с редким явлением замечательного сходства двух минералов различного состава. Этот факт был установлен только в 1869 г. французским минералогом А. Демуром.

Жадеит является моноклинным пироксеном, относящимся к призматическому классу симметрии. Формула чистого жадеита $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Однако очень часто в нем присутствует то или иное количество диопсидовой, эгириновой (акмитовой) и геденбергитовой молекул. В соответствии с содержанием жадеитовой молекулы (в %) выделяют [15]: собственно жадеиты (в белых разновидностях —

92—99, в зеленых — 80—85), диопсид-жадеиты (50—80) и омфацинты (20—50). Кроме того, различают хлормеланиты (близки к диопсид-жадеитам, но содержат также 5—9% эгириновой молекулы), жадеитовые хлормеланиты (близки к жадеитам, но содержат более 5% эгириновой молекулы), омфацинтовые хлормеланиты (жадеитовой молекулы менее 60%, эгириновой — более 5%).

Хорошо образованные кристаллы жадеита встречаются чрезвычайно редко. В литературе описывается находка таких кристаллов в глаукофановой породе в США, в шт. Калифорния вблизи г. Кloverдейла. Обычно он наблюдается в виде тонко-, средне- до крупнозернистых агрегатов. Плотные, вязкие породы, сложенные такими агрегатами, называются жадеититами.

Прозрачность жадеита может быть различной: от полупрозрачного (наиболее тонкозернистого) и просвечивающего в тонких сколах до наиболее часто встречающегося — непрозрачного. Цвет белый, серый, серовато-зеленый, зеленый различных оттенков (окраска связана с примесью ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , реже Cr^{3+}), голубой, синий, черный (хлормеланиты). При выветривании в поверхностных условиях жадеит может приобретать желтый, оранжевый, бурый, красный, розовый, розовато-фиолетовый (лавандовый), фиолетовый, коричневый цвет.

Блеск стеклянный, матовый, иногда с перламутровым отливом. Твердость — 6—7. Спайность ясная по {110}, иногда наблюдается отдельность по {010} и {001}. Плотность 3,25—3,50 г/см³. Оптически двусный, положительный. Показатели преломления: $n_g = 1,652—1,667$, $n_m = 1,645$, $n_p = 1,640$, $n_g - n_p = 0,012—0,020$; $2V = 67—71^\circ$. Оптические константы могут несколько варьировать в зависимости от состава. В ультрафиолетовых лучах жадеит может иногда люминесцировать белым (254 нм), слабым зеленым, серо-голубым (365 нм) светом.

Месторождения жадеита связаны с интрузивными кислыми, средними и основными породами, породами эффузивно-осадочных формаций, жадеитоносными конгломератами, аллювиальными и элювиально-делювиальными россыпями [15]. В СССР имеется ряд месторождений жадеита: Итмурундинское (в Северном Прибалхашье), Лово-Кечпельское (на Полярном Урале) и Кашкаракское (в Западном Саяне).

За рубежом основным районом добычи жадеита являются северные округа Бирмы. Разработка месторождений

Бирмы проводится уже не одно тысячелетие. В 1961—1977 г. объемы добычи жадеита в год в Бирме сильно колебались и составляли от 2236 кг (1969 г.) до 30 753 кг (1977 г.) и 49 600 кг (1961 г.). Однако эта официальная статистика не вполне отвечает реальному состоянию дел, так как значительная часть добываемых камней вывозится контрабандным путем в Таиланд [32]. Менее значительные месторождения и проявления жадеита имеются в Гватемале (Метагау), США (Клер-Крик и др. в шт. Калифорния), Японии (о. Хонсю). Но объемы добычи в этих странах настолько малы, что они не оказывают существенного влияния на мировую торговлю жадеитом.

В зависимости от степени прозрачности, оттенка, интенсивности и распределения зеленой, наиболее ценной, окраски жадеит при продаже на мировом рынке делится на три сорта: I — империял — прозрачная, полупрозрачная или просвечивающая тонкозернистая разновидность изумрудно-зеленого цвета, с однородной окраской; II — коммерциал — имеющая прожилки и пятна полупрозрачного изумрудно-зеленого цвета на фоне зеленого непрозрачного камня; III — ютилити (утилити) — ярко-зеленая непрозрачная разновидность.

Наиболее ценным является сорт империял. Цены на него соизмеримы с ценами на изумруды. Приблизительное представление о разнице стоимости жадеитового сырья могут дать такие цифры: стоимость жадеита с зеленой окраской в 1983 г. варьировала от 1 дол. за фунт (453,0 г) до 1000 дол. за 1 кар. Обычная цена ювелирного изделия с кабошоном из жадеита — 1340 дол. Стоимость наиболее прозрачных обработанных камней интенсивного изумрудно-зеленого цвета еще выше. А выставившийся в 1980 г. на проходившей в г. Рангуне (Бирма) выставке-продаже драгоценных камней самый большой в мире обработанный жадеит сорта империял массой 750 кар был оценен в 2 млн. дол. К сожалению, содержание жадеита сорта империял даже в самых лучших месторождениях очень незначительно. Так, из 43 424,5 кг необработанного жадеита, проданного Бирмой в 1978 г. на сумму 1961,3 тыс. дол., его различные сорта составляли: империял — 146,5 кг (0,3%) на сумму 425,6 тыс. дол., коммерциал — 10 856 кг (25%) на сумму 1104 тыс. дол., ютилити — 32 422 кг (74,7%) на сумму 431,7 тыс. дол. [32].

Добываемый в Бирме жадеит почти сорок лет подряд продавался в Гонконге. В 1963 г. в Бирме был введен

правительственный контроль над торговлей жадеитом, и поставки его в Гонконг прекратились. С середины 60-х гг. правительство Бирмы стало проводить ежегодные аукционы-импориумы в г. Рангуне. Большая часть жадеита продается в необработанном виде. Обработка его производится в основном в КНР и в меньшей степени в Гонконге. Из жадеита делают кольца, браслеты, подвески, броши, различные резные сувенирные и художественные изделия.

Жадеит с невыразительной окраской иногда подвергается облагораживанию путем подкрашивания органическими красителями. Такая искусственная окраска может быть выявлена благодаря неравномерному ее распределению, что хорошо видно при небольшом увеличении. Она может быть удалена тампоном, смоченным в HNO_3 . Имеются опыты по искусственному выращиванию жадеита.

Обработанный жадеит (рис. 41) довольно несложно отличить от нефрита, с которым вместе он был известен под одним названием «жад», благодаря определению физических свойств и микротекстуры. Жадеит сорта империял можно спутать также с изумрудом, хризопразом, мторолитом, от которых он отличается более низкой твердостью и более высокими значениями показателей преломления и плотности. Амазонит имеет иную структуру, чем жадеит. Зеленый флюорит и смитсонит (бонамит), применяющиеся иногда как имитация жадеита, характеризуются более низкими значениями твердости и показателей преломления, а флюорит и плотности. Представляют сложности при идентификации жадеита и нефрита различные минералы, объединяемые в настоящее время под названием «жад» (см. раздел «Нефрит»).

НЕФРИТ

Название нефрита произошло от греч. νεφρός — почка. Согласно древнему поверью, нефрит уменьшал почечные колики и боли в печени и почках. В древности считали, что он исцеляет недуги и дарует верность.

Нефрит является плотной скрытокристаллической разновидностью моноклинных амфиболов ряда тремолит — актинолит, относящихся к призматическому классу симметрии. Тремолит назван по месту первой находки в долине Тремоль, расположенной к югу от перевала Сен-Готтард (Швейцария); формула его — $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2 \times (\text{OH})_2$. Нефрит-тремолит — белый или светлоокрашен-

ный; 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 последнего связано с игольчато-лучистой формой агрегатов (в переводе с греч. — лучистый камень). Формула его — $\text{Ca}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Окраска нефрита-актинолита связана с Fe^{2+} , определенное влияние оказывают примеси хрома, никеля, ванадия. Она, как правило, неоднородная, часто присутствуют темные точечные или вытянутые скопления, придающие нефриту особую привлекательность. Плотность нефрита-актинолита несколько выше, чем нефрита-тремолита, — от 3,1 до 3,3 г/см³.

Твердость нефрита — 5,5—6,5. Однако нефрит очень вязкий. Раздробить валун нефрита практически невозможно. А. Е. Ферсман приводит рассказ о том, как 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. 42). Высокая прочность позволяет вытачивать из него сложные 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 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 культуры 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 говорят 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 восточносаянского 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.

Коренные месторождения нефрита относятся к пневматолито-гидротермальному классу и по составу вмещающих и замещающих пород подразделяются на два типа: в альпинотипных гипербазитах и в доломитовых мраморах. Важное значение имеют также месторождения, связанные с элювиально-делювиальными россыпями [15].

Наиболее известные месторождения нефрита встречаются на территории КНР в западных отрогах хр. Куэнь-Лунь около Кашгара и Хотана, где этот камень образует залежи мощностью 7—12 м в гнейсах и роговообманковых сланцах. Кроме того, его находят в виде гальки в руслах всех местных рек, стекающих с хр. Куэнь-Лунь. Коренное месторождение нефрита известно также на Памире, западнее Куэнь-Луны.

Крупнейшие в мире месторождения нефрита открыты в 1969 г. в Канаде — в пров. Британская Колумбия. Ранее там были известны только россыпные месторождения. На месторождениях Канады за 20 лет к середине 70-х гг. было добыто около 550 т нефрита [32]. Крупные месторождения расположены в Австралии. Имеются мес-

торожения нефрита в Новой Зеландии, США (штаты Монтана, Аляска, Вашингтон, Калифорния), ПНР и др. Интересная разновидность нефрита отмечена на о. Тайвань. Это просвечивающие камни с шелковистым отливом зеленого цвета. Они получили название «нефритовый» или «актинолитовый кошачий глаз» [1].

В СССР к западу от оз. Байкал в отрогах Восточного Саяна по рекам Орот и Бибой встречается темно-зеленый нефрит в виде крупной гальки и валунов. 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.

Коренная залежь нефрита в Восточном Саяне была открыта в 1896 г. Л. А. Ячевским, а месторождения в 1937 г. — М. Ф. Шестопаловым, И. С. Яншиным, А. Н. Сутуриным и др. Открыты Оспинское, Горлыкгольское, Зуносинское, Уланходинское месторождения. Имеются месторождения нефрита также на Южном Урале (гора Бикиляр), в бассейне Витима и по его притокам (Парамское, Буромское и др.).

Хотя долгое время нефрит и жадеит объединялись под одним названием «жад» отличить обычно их друг от друга не составляет большого труда. Они имеют различную микроструктуру: нефрит — спутанно-волокнустую, жадеит — зернистую, что приводит к образованию выщербленной «шагреновой» поверхности при полировке жадеита [1]. Плотность и показатели преломления нефрита ниже, чем жадеита. В качестве имитаций нефрита и жадеита используют трансваальский, или гранатовый, жад-гидрогроссуляр (изотропный, с более высоким показателем преломления), калифорнит — массивный зеленый везувиан, разновидности серпентина — бовенит и вильямсит — и штирийский жад — псевдофит или клинохлор (имеющие меньшую твердость), зеленый пренит (с радиально-волокнустой структурой), зеленый авантюрин — «индийский нефрит» (с большей твердостью и хорошо различимыми включениями фуксита), серпентиновый мрамор — верд-антик, известный также под названиями офикальцит, офиокальцит, официт, коннемарский мрамор, ирландский зеленый мрамор, ионский камень (имеет низкую твердость, вскипает в HCl), вердит — глинистый материал с хромовой слюдой (имеет низкую плотность, твердость и показатель преломления), агальматолит (низ-

кая твердость), мо-сит-сит (мау-сит-сит), или жад—альбит — зеленая порода, состоящая в основном из альбита с включениями хромсодержащих зеленых пироксенов (отличается более низкими показателями преломления и плотности) [1].

Масса находимых по рекам валунов нефрита обычно изменяется от нескольких килограммов до нескольких тонн. В Саянах были отмечены глыбы нефрита массой до 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.

В соответствии с действующими в СССР требованиями, 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 неравномерности окраски и точечные включения минералов на площади не более 20% от площади поверхности камня; минимальный размер образца $200 \times 150 \times 150$ 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 $100 \times 50 \times 50$ мм. III сорт — окраска и требования такие же, как у нефрита I сорта; минимальный размер образца $50 \times 30 \times 30$ мм.

Оптовые цены на нефрит в сырье составляют от 7 до 33 дол./кг.

МАЛАХИТ

Малахит — один из красивейших минералов. По выражению А. Е. Ферсмана, это «камень яркой, сочной, жизне-радостной и вместе с тем шелковисто-нежной зелени». Его окраска представляет собой палитру зеленых тонов от светло-зеленого с голубизной (бирюзового) до густого темно-зеленого цвета («плисового»). Название этот минерал получил от греч. *μαλαχη* — мальва, окраска листьев которой похожа на цвет малахита. Текстура малахита разнообразна — ленточная, струистая, концентрически-круговая, лучисто-звездчатая с чередованием слоев различного цвета.

По составу малахит представляет собой водную угле-

кислую соль меди — $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$. Оксиды меди в малахите содержится до 72%, поэтому он использовался как медная руда. Малахит кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Окраска его объясняется присутствием иона меди. Малахит — минерал зоны окисления медных сульфидных и медно-железорудных месторождений, залегающих в известняках, доломитах и др. Формируется он в результате взаимодействия медносульфатных растворов с карбонатными или углекислыми водами. 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 пинакоиду. Облик кристаллов призматический, игольчатый и волокнистый; отмечаются двойники.

Показатели преломления малахита: $n_g = 1,909$; $n_m = 1,875$; $n_p = 1,655$. Блеск стеклянный до алмазного; у волокнистых разностей — шелковистый. Наблюдается плеохроизм — от бесцветного до темно-зеленого цвета. Твердость — 3,5—4, плотность 3,9—4 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, изготовляли камеи, 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 впервые был найден в 1635 г. и использовался для выплавки из него меди). На уральских медных рудниках малахит стали добывать в большом количестве. В XIX в. на Медноруднянском и Гумишевском рудниках 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 изготовлялись велико-

лепные краски. А. Е. Ферсман пишет, что «...до революции в Екатеринбурге и Нижнем Тагиле можно было видеть крыши многих особняков, окрашенные малахитом в красивый синевато-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 — все они 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. 43). Требованиями, действующими в СССР на малахит в сырье, предусмотрено, что он 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 дол./кг.

Известные месторождения малахита на Урале — Медноуруднянское и Гумишевское — практически полностью выработаны. Открыты крупные месторождения малахита в Заире, на юге 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.

ЧАРОИТ

Чароит был открыт в 1978 г. В. П. и Ю. Г. Роговыми. Он очень быстро стал одним из самых популярных ювелирно-поделочных камней. Этот минерал имеет яркую окраску — от нежно-сиреневой до густой искрящейся фиолетовой. 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 Сиреневый камень находится в пределах Мурунского щелочного массива на стыке Иркут-

ской, Читинской областей и Якутской АССР в среднем течении р. Чары (притока р. Лены), откуда и произошло его название.

Чароит — главный породообразующий минерал в метасоматических калиеполевошпатовых горных породах, в которых его содержится 50—90%. В состав чароита входят SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , BaO , SrO , Na_2O , F , H_2O , содержания которых могут колебаться, поэтому предлагаются различные формулы чароита: $(\text{K}, \text{Na})_3 (\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Mn})_4 \cdot \text{Si}_{10}\text{O}_{25} \times (\text{OH}, \text{F}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (К. А. Лабезник), $\text{K}_2\text{NaCa}_5 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]_3\text{F} \times 3\text{H}_2\text{O}$ (Е. И. Семенов), $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, \text{Sr}, \text{Ba})_3 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] \times (\text{OH}, \text{F}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ и др. Кристаллизуется чароит в моноклинной сингонии. Этот минерал образует тонковолокнистые переплетенные агрегаты, благодаря чему он характеризуется довольно высокой прочностью и вязкостью.

Наряду с плотными тонкокристаллическими разностями встречаются и длиноволокнистые его выделения (размером до 10 см), 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. Твердость — 5—6. Плотность 2,53—2,58 г/см³. Оптически двуосный, положительный; показатели преломления: $n_g = 1,552—1,559$; $n_n = 1,553$; $n_p = 1,546—1,551$. В толстых шлифах наблюдается плеохроизм: от бесцветного (N_g) до сиренево-розового (N_p).

Породы, содержащие чароит, возникли на контактах богатого калием щелочного трахит-сиенитового массива и карбонатных пород, которые ряд исследователей относит к карбонатитам. В этих участках широко проявляется калиевый метасоматоз, с которым генетически связано формирование 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.

Чароит сразу завоевал международное признание. Из

него изготавливаются вазы, шкатулки, декоративные панно, настольные украшения; он используется в ювелирных изделиях — кольцах, браслетах, кулонах, запонках и т. д. Изделия из чароита экспонируют на международных выставках. На международных кинофестивалях в Москве главные призы были выполнены из чароита.

РОДОНИТ

Родонит, или орлец, — второй по значению после малахита камень Урала, из которого изготавливают крупные декоративные изделия: чаши, вазы, столешницы, письменные приборы и т. п. Название этот минерал получил от греч. *ροδον* — роза или розовый. Родонит $Mn_5 [Si_5O_{15}]$ кристаллизуется в триклинной сингонии, пинакоидальном классе симметрии. В виде примесей в нем присутствуют оксиды 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 в Древней Руси и назывался «баканом», а также «рубиновым шпатовом». 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 — $(Ca, Mn)_5 [Si_5O_{15}]$.

Для этого камня характерны прожилки и дендриты оксидов марганца черного цвета. На розовом фоне тонкие, ветвящиеся черные прожилки образуют сложные, изящные рисунки и узоры, складывающиеся иногда в очень красивые пейзажи, что улучшает декоративность родонита. В. Шуман [49] называет родонит с включениями желтого или коричневого цвета фоулеритом. Встречаются также разновидности родонита, похожие на ленточную яшму, с красиво чередующимися черными, коричневыми, серыми и розовыми полосами, в связи с этим их прежде ошибочно и считали яшмой.

Средняя твердость родонита — 5,5—6,5. Плотность его изменяется в зависимости от содержания марганца от 3,4 до 3,7 г/см³. 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: $n_g = 1,730—1,744$; $n_m = 1,726—1,735$; $n_p = 1,721—1,728$, $n_g - n_p = 0,011—0,013$. Двуосный, отрицательный; $2V = 63—76^\circ$. Плеохроизм отчетливый: желто- и розово-красный, красно-желтый.

Коренное месторождение родонита было открыто на Урале в конце XVIII в. в 25 км от г. Екатеринбурга около д. Сидельниково. В середине XIX в. этот красивый камень широко применялся в русском камнерезном искусстве. Он хорошо полируется и довольно легко обрабатывается. Из него изготовляли торшеры с канделябрами,obelisks, 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. 44).

Родонит в небольших количествах в природе встречается довольно часто. В основном его месторождения образуются при процессах метаморфизма осадочных или эксталяционно-осадочных карбонатных отложений, в которых марганец накапливается в карбонатной или оксидной форме совместно с халцедоном. При метаморфизме эти соединения переходят в силикаты марганца — родонит, бустамит и тефроит. На скарновых полиметаллических месторождениях родонит формируется на контактах известняков с гранитоидами или по трещинам в известняках.

Всесоюзное производственное объединение «Союзкварцсамоцветы» Министерства геологии СССР разработало технические требования к качеству поделочного родонита. В соответствии с ними родонит разделяется на два сорта. К I сорту относят камни розового, малинового, однотонного цвета с пятнами. Допускаются дендриты гидроксидов марганца на площади не более 30% от общей

площади поверхности камня, желтые и буро-серые пятна — на площади не более 10%. Родонит II сорта имеет тот же цвет, но общая площадь дендритов гидроксидов марганца и желтых и буро-желтых пятен не должна превышать 20% от площади поверхности камня.

На мировом рынке цены на родонит отличного качества с красивым дендритным рисунком составляют около 10 дол./кг, на розовый родонит — около 9 дол./кг и на остальной родонит — около 5 дол./кг. Родонит на мировой рынок поставляют Австралия и Мадагаскар. В Австралии он развит на месторождениях марганца в штатах Квинсленд и Новый Южный Уэльс, а также на крупнейшем серебро-свинцово-цинковом месторождении Брокен-Хилл. Австралийский родонит относится к высококачественному камню, сопоставимому с родонитом Урала. Ежегодно из Австралии и Мадагаскара поступает около 20—30 т различного по качеству сырья. Известны месторождения родонита также в Испании (низкого качества), Великобритании, США, Мексике, Японии и др. Однако родонит в этих странах добывается не систематически.

В Советском Союзе наиболее известно Мало-Сидельниковское месторождение 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.

ГЕМАТИТ

Гематит (от греч. *αἷματος* — кровь, *αἷματιτης* — похожий на кровь) — минерал состава Fe_2O_3 . Синоним: кровавик, напоминающий запекшуюся кровь, с характерной чертой красного цвета. Разности гематита: железный блеск — с сильным полуметаллическим блеском; железная слюдка — чешуйчатые агрегаты; красный железняк — плотный, скрытокристаллический; красная стеклянная голова — крупные почкообразные формы с радиально-лучистым строением.

В геммах, вставках в перстни, брошах, браслетах 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 оксида железа $\alpha = \text{Fe}_2\text{O}_3$, кристаллизующейся в тригональной сингонии, дитригонально-скаленоэдрическом классе симметрии. Твердость — 5,5—6. Хрупкий. Спайность отсутствует. Часто наблюдается отдельность по $\{0001\}$ и $\{10\bar{1}\}$. Излом неровный. Плотность 4,95—5,26 г/см³; $n_o = 3,22$; $n_e = 2,94$.

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 Великобритании, ГДР, Бразилии, Канаде, Мексике, США (штаты Миннесота, Мичиган, Висконсин, Нью-Йорк и др.), Италии, на Кубе.

Обработанный гематит похож на морион, черный агат, обсидиан, гетит, 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.

ФЕНАКИТ

Фенакит был впервые найден на Урале Л. А. Перовским. Химический состав его определил и описал Н. Норденшильд в 1833 г. Прозрачный бесцветный фенакит довольно легко принять за кварц; с этим связано его название — «обманщик» (от греч. $\phi\epsilon\nu\alpha\chi\iota$ — обман).

Формула фенакита $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$. Часто присутствуют примеси Mg, Pb, Cu, Zr, La, Yb, Ge, B, Al, Fe^{3+} , Ca, Na, Ti, Sr. Кристаллизуется в тригональной сингонии, ромбоэдрическом классе симметрии. Встречается фенакит в виде ромбоэдрических, коротко- или длиннопризматических кристаллов с большим числом граней. На гранях ромбоэдра часто можно наблюдать штриховку. Нередки также двойники прорастания по $\{10\bar{1}0\}$, друзы, шестоватые агрегаты и сферолиты.

Размер кристаллов обычно не превышает нескольких сантиметров. Более крупные кристаллы довольно редки и, как правило, они не представляют интереса в ювелирном отношении из-за трещиноватости и малой прозрачности.

Масса самого крупного ювелирного фенакита составляет 1470 кар.

Прозрачный фенакит обычно бесцветен. Встречаются камни бледно- и винно-желтые, розоватые, реже зеленовато-серые или бурые. Окраска, по данным Л. А. Евграфова и др., А. Н. Платонова, связана с наличием парамагнитного центра $Ve-O-Ve$. 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. Хрупкий. Плотность 2,95—3,00 г/см³. Оптически одноосный, положительный. Показатели преломления: $n_e = 1,669—1,670$, $n_o = 1,654$, $n_e - n_o = 0,015—0,016$. Дисперсия — 0,015. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует светло-фиолетовым цветом.

Фенакит связан с пегматитами, грейзенами, гидротермальными образованиями, альпийскими жилами. Наиболее известное месторождение ограночного фенакита находится на Урале, где только в 1831—1862 гг. его было добыто более 80 кг. Красивые кристаллы и друзы фенакита желтого и бледно-красного цвета встречаются в Бразилии (шт. Минас-Жерайс). Имеются месторождения фенакита также в США (штаты Калифорния, Колорадо, Мэн), Норвегии (Крагеро), Франции, Швейцарии, ЧССР, Танзании (Узугара), Намибии.

Применение фенакита в ювелирном деле в настоящее время довольно ограничено. В основном он используется как важная бериллиевая руда. В то же время до получения ИАГ, ГГГ, фианита и других синтетических камней фенакит довольно широко применялся в качестве имитации бриллиантов, хотя и обладал по сравнению с последними значительно меньшими твердостью и «игрой».

ЭВКЛАЗ

Эвклаз принадлежит к малораспространенным 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» [42]. Но, к сожалению, эвклаз обладает большой хрупкостью (на Урале его называют хрупиком) и совершенной спайностью (по греч. *ευκλασις* — хорошо расщепляющийся), что делает его крайне неудобным материалом для огранки. Размер кристаллов эвклаза обычно невелик: как правило, не более 3 мм, реже до 1,5 см. Н. И. Кокшаровым описан найденный в 1862 г. на Южном Урале прозрачный кристалл светло-зеленого цвета размером $7,3 \times 2 \times 1,4$ см, настолько красивый, что он был оценен в 3 тыс. руб. В Бразилии встречены камни массой 15,45 и 14,0 кар.

Использовались для огранки только отдельные камни из Бразилии и с Урала. В основном же кристаллы эвклаза украшают коллекции минералогических музеев. Впервые эвклаз был описан в 1702 г. Р. Ж. Гаюи. Он имеет формулу $\text{AlBe}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$. В качестве примесей отмечают-ся Ge, Mn, Cu, Cr, Pb, Sn, Zn, Ti, Y, Yb, V.

Эвклаз кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Структура его была расшифрована в 1950 г. Н. В. Беловым. В природе эвклаз встречается в виде пластинчато-призматических, пластинчатых, коротко- и длиннопризматических кристаллов с большим числом граней. Число простых форм, известных на кристаллах эвклаза, очень велико. На гранях призмы может отмечаться штриховка. Встречаются двойники, где плоскостями двойникового являються (010) и (041), друзы, щетки, розетки, сноповидные и полусферические образования радиально-лучистого строения.

Прозрачные кристаллы эвклаза могут быть бесцветными или синими, голубыми, синевато-, голубовато- и желтовато-зелеными. Голубовато-зеленая окраска минерала связана с наличием примеси ионов Cr^{3+} [28]. Плеохроизм в голубовато-зеленых и желто-голубых тонах от слабого до сильного различается для отдельных месторождений. В некоторых кристаллах наблюдается неравномерная зональная окраска с бесцветными или желтоватыми и густоокрашенными зонами. Зональность возможна также в сферолитах и сноповидных агрегатах, которые по периферии иногда окрашены в ярко-голубой цвет, а в центре

почти бесцветны. Спайность у эвклаза совершенная по {110} и {001}. Твердость — 6,5—7,5. Микротвердость изменяется, по данным Е. К. Аксеновой, на разных гранях от 11 110 до 12 738 МПа. Плотность 3,02—3,10 г/см³. Оптически двухосный, положительный. $2V = 45—50^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,671—1,672$; $n_m = 1,655—1,658$; $n_p = 1,650—1,652$; $n_g - n_p = 0,019—0,025$. Дисперсия — 0,016. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. При трении электризуется.

В природе эвклаз образуется в жилах альпийского типа, в пустотах миароловых пегматитов и грейzenов, 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 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 Бразилии (Оуро-Прету в 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 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 различать эти два минерала.

КИАНИТ

Кианит, или дистен, очень распространен в природе, он относится к породообразующим минералам. Однако прозрачные красиво окрашенные образцы, пригодные для огранки, встречаются редко.

Формула его — $Al_2O_3[SiO_4]$. Возможны примеси Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ti, Mn, Ca и др. Кианит кристаллизуется в триклинной сингонии, пинакоидальном классе 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 (название минерала от греч. *κυανος* — синий), зеленый, фиолетовый, розовый, отмечается и бесцветный. Голубую окраску связывают с входящими в структуру кианита примесями Cr , Fe^{2+} и Fe^{3+} или Tl , а зеленую — Fe^{3+} [28]. 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 резко отличается в различных направлениях: на грани {100} вдоль удлинения кристалла — 4,5, поперек удлинения — 6; на гранях {010} и {100} — 7. Это свойство обусловило второе название кианита — дистен (от греч. *δις* — двойной, *σθενος* — крепость, т. е. двоякосопротивляющийся). Хрупкий. Спайность совершенная по {100} и менее совершенная по {010}. По {001} наблюдается отдельность. Плотность 3,5—3,7 г/см³. Двуосный, отрицательный. $2V = 82—83^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,722—1,734$, $n_m = 1,721—1,723$, $n_p = 1,710—1,718$, $n_g - n_p = 0,015$. Дисперсия — 0,020. В ультрафиолетовых лучах иногда люминесцируют красным цветом.

Кианит встречается в 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 (штаты Джамму и Кашмир, Пенджаб), откуда их привозили еще в XVII в. В России индийские кианиты называли баусом. К. Патканов в 1874 г. писал: «...а камень баус, сиз, голуб, а вы за яхонт не купите» [42]. Предупреждение не случайно: синие ограненные кианиты похожи на сапфир, но твердость их гораздо ниже, как и показатели преломления, и плотность. Голубые и голубовато-зеленые кианиты похожи на аквамарин, но характеризуются более высокими показателями преломления и плотностью. Ювелирный кианит развит также в Бирме, Бразилии, Кении, Швейцарии и США (в штатах Монтана, Виргиния, Вермонт, Коннектикут, Массачусетс и др.).

Гранят прозрачные камни хорошего качества в ступенчатой или бриллиантовой форме. Менее прозрачным красиво окрашенным кристаллам или камням с эффектом «кошачьего глаза» придают форму кабошона.

клиногумит

Ювелирный клиногумит — $Mg_9[SiO_4]_4(OH, F)_2$ встречен вместе с кристаллами ювелирной шпинели в СССР на месторождении Кухилал на юго-западе Памира, на правом берегу р. Пяндж, в междуречье Дараи-Сист — Дараи-Кухилал в форстеритовых скарнах в виде псевдотетраэдров и полисинтетических двойников (размером до 10 см), а также в агрегатах. Желтая и коричневая окраска прозрачных кристаллов клиногумита связана с наличием в нем ионов титана, которые концентрируются в октаэдрических позициях, сочленяющихся по ребру $(OH-O)_2$, что благоприятствует переносу заряда $Ti^{3+} \rightarrow Ti^{4+}$ [28].

Красивая окраска клиногумита позволяет ему занять место в ряду ювелирных камней, а совместное нахождение шпинели и клиногумита делает еще более перспективными на ювелирные камни форстеритовое месторождение Кухилал.

Клиногумит кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Блеск стеклянный. Твердость — 6. Плотность $3,16 \text{ г/см}^3$. Спайность несовершенная. Показатели преломления: $n_g = 1,653-1,700$; $n_m = 1,635-1,678$; $n_p = 1,622-1,655$; $n_g - n_p = 0,028$. Характерен плеохроизм: от бледно-желтого до оранжево-желтого, от золотисто-желтого до красно-желтого. В ультрафиолетовых лучах (254 нм) имеет слабую оранжево-желтую люминесценцию.

цоизит. эпидот

Цоизит — островной силикат состава $Ca_2Al_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$, кристаллизующийся в ромбической сингонии, ромбо-пирамидальном классе симметрии. Впервые цоизит был найден в 1905 г. в Австрии в Зау-Альпах, с этим связано другое название цоизита — саальфит (или заальпит). Цоизит, содержащий примесь ионов Fe^{3+} , изоморфно замещающих ионы Al^{3+} , имеет характерный фисташково-зеленый цвет. Зеленые цоизитовые породы используют иногда как декоративный материал. Их добывают в США (штаты

Южная Дакота, Массачусетс, Вайоминг). В 1954 г. в Танзании были обнаружены красивые цоизитовые породы с включениями роговой обманки и красного корунда — аниолиты, которые являются эффектным декоративным материалом. Там же отмечаются прозрачные зеленые, светло-коричневые и бесцветные кристаллы. Красивые образцы цоизита добывают в районе Телемарк на юге Норвегии.

В качестве декоративного камня используется и разновидность цоизита розового цвета — тулит (найден в местечке Туль в Норвегии), окраска которого связана с присутствием ионов Mn^{3+} . Встречается тулит в США (штаты Вашингтон, Северная Каролина), ЮАР, на западе Австралии. Тулит иногда используется и в ювелирном деле — из него делают кабошоны 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 танзанитом. 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. Танзаниту свойствен очень сильный плеохроизм: от синего к фиолетовому до зеленого (или коричневого).

Кристаллы танзанита встречаются в прожилках в гнейсах. Масса самых крупных из них достигала 122,7 и 220 кар. Обработанный танзанит напоминает сапфир, от которого он легко отличается по физическим свойствам. Красиво окрашенные кристаллы танзанита сразу получили признание у широкого покупателя. Спрос на него увеличивается с каждым годом и не может быть полностью удовлетворен. Оптовые цены на танзанит в США в 1980 г. составляли (в дол./кар): на камни в 1—5 кар от 400 до 500, в 5—10 кар от 700 до 800, в 10—20 кар от 900 до 1100.

Цоизит и его разновидности имеют стеклянный блеск. Твердость — 6, плотность 3,10—3,35 г/см³ (танзанит — 3,3 г/см³); спайность совершенная по {010} и несовершенная по {100}. Оптически двуосный, положительный. $2V = 0—60^\circ$. Показатели преломления: $n_x = 1,697—1,725$;

$n_m = 1,688-1,700$; $n_p = 1,685-1,705$; $n_g - n_p = 0,004-0,008$ (у танзанита $n_p = 1,691$, $n_g = 1,700$).

Помимо цоизита, иногда в ювелирных целях применяют и *эпидот* $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ — минерал зеленого, серого, черно-зеленого цвета, кристаллизующийся в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Эпидот наблюдается часто в виде хорошо образованных призматических кристаллов, имеющих сильный стеклянный блеск. Твердость — 6—7. Спайность совершенная по {001} и несовершенная по {100}. Плотность 3,35—3,48 г/см³. Показатели преломления: $n_g = 1,734-1,797$; $n_m = 1,725-1,784$; $n_p = 1,715-1,751$; $n_g - n_p = 0,015-0,049$. Двусный, отрицательный. $2V = 90-116^\circ$. Ювелирный эпидот встречается в СССР, ЧССР, США (штаты Калифорния, Айдахо, Колорадо, Мичиган, Коннектикут, Массачусетс, Нью-Хемпшир), 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 минерал в 1906 г. в округе Сан-Бенито (США, шт. Калифорния) и назван по месту находки. Формула бенитоита — $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Окраска его связана с наличием ионов Ti^{3+} [28]. Кристаллизуется в гексагональной сингонии, в дигексагонально-бипирамидальном классе симметрии. Встречается в виде уплощенных дитригонально-дипирамидальных кристаллов массой, как правило, до 1 кар. Масса самого крупного ювелирного камня 7,8 кар.

Блеск стеклянный. Твердость — 6—6,5. Хрупкий. Спайность несовершенная. Плотность 3,64—3,68 г/см³. Одноосный, положительный. Показатели преломления: $n_o = 1,756-1,757$; $n_e = 1,800-1,804$; $n_e - n_o = 0,047$. В ультрафиолетовых лучах (254 нм) люминесцирует сильным голубым цветом.

Бенитоит ювелирного качества до сих пор известен лишь в Сан-Бенито, где он приурочен к маломощным натролитовым жилам. Непрозрачные и незначительного размера кристаллы этого минерала отмечаются также в

США (шт. Техас) и Бельгии [50]. В ювелирном деле бенитоит применяется, прежде всего, как имитация сапфира. От последнего отличается более низкими значениями твердости и плотности, высоким двупреломлением и сильной «игрой».

КОРДИЕРИТ

Кордиерит, или дихроит, иолит, впервые описал французский геолог Пьер Луи Антуан Кордьер, по имени которого минерал назван.

Формула кордиерита — $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$. Кристаллизуется в ромбической сингонии, ромбо-бипирамидальном классе симметрии. Встречается в виде псевдогексагональных или призматических кристаллов, но чаще в виде зерен неправильной формы, вкрапленных в породу, 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 как имитация сапфиров (от которых отличаются более низкой твердостью, плотностью и показателями преломления), иногда называют «водяными» или «рысьими сапфирами». Окраска кордиерита связана с присутствием в структуре ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Кордиерит обладает ярко выраженным дихроизмом: по N_p он бесцветен, по N_g — фиолетовый (дихроит от греч. *διχροος* — двухцветный). 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. Плотность 2,53—2,78 г/см³. Двуосный, положительный. $2V = 65—104^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,527—1,578$, $n_m = 1,524—1,574$, $n_p = 1,522—1,558$, $n_g - n_p = 0,005—0,018$. Дисперсия — 0,017. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

Кордиерит встречается в метаморфических и изверженных породах, а также в россыпях. Ювелирные кордиериты издавна известны в Шри-Ланке, на Мадагаскаре, в Бирме, Индии (шт. Мадрас), Танзании, Бразилии, Канаде, США (штаты Калифорния, Вайоминг, Южная Дакота, Нью-Йорк, Нью-Хэмпшир), на о. Гренландия, в Великобритании, 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.

Оптовая цена ограненного кордиерита фиолетово-синего цвета в 1980 г. в США составляла 20—30 дол./кар для камней массой в 1—5 кар и 30—50 дол./кар для камней массой в 5—10 кар.

СКАПОЛИТ

Скаполит (от греч. σκαλος — столб, λίθος — камень), или вернерит,— общее название изоморфного ряда, крайними членами которого являются мейонит $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8](\text{CO}_3)$ (содержит от 75 до 100% мейонитовой молекулы — Me) и мариалит $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]\text{Cl}$ (0—25% Me). Промежуточные члены ряда: дипир (25—50% Me), мицзонит (50—75% Me); иногда выделяют также вернерит (10—40% Me — И. Н. Костов) и сарколит $(\text{Ca}, \text{Na})_4(\text{Al}, \text{Si})_{12}\text{O}_{24}(\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl})$ (Е. И. Семенов и др).

Скаполит кристаллизуется в тетрагональной сингонии, тетрагонально-бипирамидальном классе симметрии. Встречается он в виде сильно удлинённых кристаллов с хорошо развитыми гранями призм {100}, {110}, {010}, {120} и {210}, притупленными гранями дипирамид {111}, {132}, {331} и др. Кристаллы размером до 0,5 м в длину, светлого соломенно-желтого или грязно-зеленого цвета называются строгановитом. Хорошо развитые крупные кристаллы наблюдаются только в пустотах, в массе породы скаполит слагает неправильные зерна или зернистые агрегаты. Прозрачные красиво окрашенные кристаллы, нашедшие применение в ювелирном деле, обычно не очень крупные: размер памирских ювелирных скаполитов, по данным Э. А. Дмитриева, до $7 \times 2 \times 3$ см (с прозрачными участками размером в среднем $4 \times 2 \times 3$ мм), масса наиболее крупных бирманских камней розового цвета 70 кар, бесцветных 288 кар, с эффектом «кошачьего глаза» ≈ 10 кар [44].

Окраска скаполитов голубая (известны как самостоятельная разновидность — главолит, или глауколит), фиолетовая, розовая, желтая, оранжевая, красная, коричневая, белая, встречаются бесцветные кристаллы. Связана окраска с наличием радикалов CO_2^- , ответственных за желтый цвет, и SO_3^- — голубой и синий цвет. В образовании центров, обуславливающих появление розовой и фиолетовой окраски, принимают участие ионы Cr^{3+} . В спектрах таких

скаполитов наблюдаются линии поглощения 663 и 652 нм [28]. Среди ювелирных скаполитов особенно интересны камни с эффектом «кошачьего глаза». В ультрафиолетовых лучах скаполит часто люминесцирует желтым, розовым (365 нм), сиреневым (254 нм) цветом, в рентгеновских — оранжевым.

Блеск у скаполита стеклянный, на плоскостях спайности часто с перламутровым отливом. Спайность совершенная по {100} и несовершенная по {110}. Твердость — 6. Оптические свойства и плотность минералов из группы скаполита меняются в зависимости от их химического состава. Скаполит оптически одноосный. Оптический знак у мейонита минус, у мариалита и сарколита плюс. Значения показателей преломления закономерно увеличиваются от мариалита к мейониту благодаря изменению дополнительного радикала Cl^- и иона Na^+ в мариалите на $(\text{CO}_3)^{2-}$ и ион Ca^{2+} в мейоните; меняется и двупреломление: мариалит — $n_o = 1,539-1,550$; $n_e = 1,536-1,541$; $n_o - n_e = 0,003-0,009$; мейонит — $n_o = 1,590-1,600$; $n_e = 1,556-1,563$; $n_o - n_e = 0,024-0,040$; сарколит — $n_o = 1,604-1,640$; $n_e = 1,615-1,657$; $n_o - n_e = 0,011-0,017$. Дисперсия — 0,017.

Скаполиты обладают отчетливо выраженным дихроизмом: в фиолетовых и розовых кристаллах наблюдается изменение окраски от фиолетово-синей до синей, в бесцветных и бледно-желтых — от бесцветной до бледно-желтой или желтой. Изменение состава влечет за собой и увеличение плотности от мариалита ($2,50-2,62 \text{ г/см}^3$) к мейониту ($2,92 \text{ г/см}^3$); плотность сарколита $2,92 \text{ г/см}^3$.

Описанные в литературе ювелирные скаполиты имеют физические свойства, соответствующие широкому спектру членов данного изоморфного ряда. В большинстве из них отмечается значительное содержание мейонитовой молекулы. Изученные Ю. П. Солодовой, Д. И. Белаковским и А. В. Федоровым розовато-сиреневые прозрачные скаполиты из Восточного Памира являются почти чистыми мариалитами: параметры элементарной ячейки — $a = 1,206 \pm \pm 0,002 \text{ нм}$; $c = 0,7574 \pm 0,0004 \text{ нм}$; показатели преломления — $n_o = 1,545$, $n_e = 1,538$; слабо люминесцируют розовым цветом; химический состав аналогичен описанному Э. Д. Дмитриевым для фиолетовых памирских скаполитов.

Скаполиты приурочены к контактово-метасоматическим образованиям. Как ювелирный камень скаполит начал применяться с начала XX в. В 1913 г. в Бирме

стали добывать прозрачные камни бесцветные и окрашенные в желтый, розовый, фиолетовый цвет, а также голубые, розовые или белые с эффектом «кошачьего глаза». Ювелирные скаполиты желтого цвета встречаются также в Бразилии (шт. Эспириту-Санту), на Мадагаскаре, в Мозамбике, Канаде (провинции Квебек и Онтарио). В Кении и Танзании наряду с желтыми добываются также скаполиты фиолетового цвета. Лучшими на мировом рынке в настоящее время считаются розовато-бордовые скаполиты из Афганистана [32]. В СССР ювелирные прозрачные скаполиты известны на Восточном Памире, Алданском щите, в Южном Прибайкалье.

Обрабатывается скаполит в зависимости от интенсивности окраски с применением ступенчатой, бриллиантовой, фантазийной огранки, иногда его кабошонируют, особенно камни с эффектом «кошачьего глаза». Цена ограненных камней фиолетового цвета массой в 2—5 кар составляла в США в 1980 г. (на уровне оптовой торговли) 30—50 дол./кар.

Скаполит в ограненном виде похож на сподумен (в частности, на кунцит), берилл (особенно на воробьевит, который обладает более высокой твердостью, меньшими показателями преломления), розовый кварц и топаз (отличаются более высокой твердостью) и др.

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 — $Mn[CO_3]$. Кристаллизуется он в тригональной сингонии, дитригонально-скаленоэдрическом классе симметрии. Встречается обычно в виде почко- и шаровидных агрегатов с радиально-лучистым строением, сплошных мелко- и грубозернистых или шестоватых масс сталактитов. Хорошо образованные кристаллы довольно редки.

Розовая окраска наблюдается у родохрозита из гидротермальных месторождений. Она связана с октаэдрическими комплексами Mn^{2+} в структуре кристаллов. Плеохроизм слабый — с изменением кристаллографических направлений варьирует интенсивность розовой окраски. Черта белая. Блеск стеклянный. Твердость — 3,5—4. Хрупкий.

Спайность совершенная по ромбоэдру $\{10\bar{1}1\}$. Плотность 3,4—3,7 г/см³. Оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления: $n_o = 1,786—1,840$; $n_e = 1,758—1,695$; $n_o - n_e = 0,201—0,220$. Колебания плотности и оптических констант связаны с изоморфным замещением ионов Mn^{2+} ионами Ca^{2+} и Fe^{2+} . В ультрафиолетовых лучах люминесцирует розовым (365 нм), красным или фиолетовым (254 нм) цветом. При нагревании родохрозит бурно вскипает в HCl.

Как ювелирные камни применяются прозрачные или просвечивающие (довольно редко встречаемые), полупрозрачные или просвечивающие в тонких сколах образцы. Наиболее известен родохрозит из Сан-Луиса в Аргентине. Под названием «розы инков» он применялся еще во времена расцвета этой культуры. В середине XX в. в Аргентине были найдены и другие месторождения родохрознта. Имеется хорошей родохрозит в Мексике, США (штаты Колорадо и Монтана), СРР, ВНР, ГДР, Индии. В СССР месторождения родохрознта обнаружены в Забайкалье, Закавказье и на Украине. Ювелирного качества родохрозит здесь встречается в виде отдельных образцов. От родонита он отличается меньшей твердостью и способностью вскипать в HCl.

АПАТИТ

Название «апатит» относится как к минералу с формулой $Ca_5F[PO_4]_3$, так и к целой группе минералов с общей формулой $A_5X[BO_4]_3$, где $A = Na, Ca, Sr (Ba), Pb, Ce, Y, Th$; $B = C, Si, P, V, As, Cr$; $X = OH, F, Cl$. Апатит кристаллизуется в гексагональной сингонии, гексагонально-бипирамидальном классе симметрии. Он получил свое название «обманщик» (от греч. απάτη — обман) за великое разнообразие форм нахождения и окрасок. Желто-зеленая разновидность апатита называется спаржевым камнем, синяя и сине-зеленая — морокситом (от греч. μοροξος — трубочная 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 приурочены в основном

к пегматитам, гидротермальным или контактово-метасоматическим породам.

Кристаллы апатита могут достигать очень больших размеров. Известен кристалл массой 250 кг (Канада, пров. Квебек). Ювелирные апатиты имеют довольно небольшие размеры — обычно до 5 кар, изредка до 20 кар. Крупные камни золотисто-зеленого цвета, массой 147 кар найдены в Кении, бездефектные камни массой 100 кар обрабатывались в Канаде [44].

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 $600^\circ C$ и восстанавливающаяся при облучении, обусловлена наличием ионов 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 [28]. Голубые и голубовато-зеленые апатиты характеризуются отчетливым дихроизмом: голубой или голубовато-зеленый цвет по N_e и желтый по N_o . В остальных апатитах дихроизм выражен слабо.

Желтые апатиты могут люминесцировать лилово-розовым цветом в ультрафиолетовых лучах, голубые — фиолетово- или небесно-голубым, зеленые — горчично-зеленым, фиолетовые — зеленовато-желтым. Блеск стеклянный, плотность $3,10—3,35$ г/см³. Спайность, несовершенная. Апатит оптически одноосный, отрицательный. $2V = 25—40^\circ$. Показатели преломления: $n_e = 1,598—1,666$, $n_o = 1,603—1,667$ (у ювелирных разностей, как правило, $n_e = 1,628—1,642$, $n_o = 1,632—1,649$), $n_e - n_o = 0,002—0,004$. 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 Мадагаскаре; желтые — в Мексике, Канаде, Бразилии; коричневые — в Канаде; фиолетовые — в ГДР, СССР, 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 кабошонируют. При идентификации его 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-Хэмпшир). Прозрачные и просвечивающие кристаллы красивого желто-зеленого и желтого цвета сразу привлекли внимание и стали использоваться как ювелирный камень.

Бразилианит $\text{NaAl}_3(\text{OH})_4[\text{PO}_4]_2$ кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Встречается в виде изометричных, короткопризматических, копьевидных кристаллов, имеющих размер до 12×8 см.

В США в Смитсоновском институте хранятся желтые бразилианиты из Бразилии массой 41,9 и 17 кар, а в Американском музее естественной истории — обработанные бразилианиты — с изумрудной огранкой массой 23 кар и круглый массой 19 кар [44].

Бразилианит имеет стеклянный блеск. Твердость — 5,5, хрупкий. Спайность совершенная по пинакоиду. Плотность $2,98\text{—}3,00$ г/см³. Оптически двуосный, положительный. $2V = 71\text{—}75^\circ$. Показатели преломления: $n_g = 1,621\text{—}1,623$; $n_m = 1,609$; $n_p \doteq 1,602$; $n_g - n_p = 0,019\text{—}0,021$. Дисперсия — 0,014. Плеохроизм очень слабый. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

ГЕРДЕРИТ

Гердерит $\text{CaVe}(\text{F}, \text{OH})[\text{PO}_4]$ был открыт в начале XIX в. В 1820 г. он был назван в честь директора шахты в г. Фрайберге С. А. фон Гердера.

Гердерит кристаллизуется в моноклинной сингонии, призматическом классе симметрии. Формирует обычно довольно мелкие призматические кристаллы.

Гердериты ювелирного качества были найдены в США (штаты Нью-Хэмпшир и Мэн) и Бразилии (шт. Минас-Жерайс). Обнаружен он в гранитных пегматитах и в оловянных россыпях в виде кристаллов, образующих щетки, нарастающие на бериллонит. Г. Банком и Г. В. Беккером описаны бесцветные и сине-фиолетовые кристаллы довольно крупных размеров, в частности кристалл массой 172 г. Отмечаются также светло-желтые, розовые и зеленые гердериты. В Бразилии встречаются ювелирные гердериты массой до 30 кар, однако в обработанном виде крупнейшие из них имеют массу 5,9 (зеленый) и 3,6 (голубой) кар. В СССР гердерит выявлен в редкометалльных пегматитах ряда районов и в оловянных кварцевых жилах, в которых прозрачные желтовато-зеленые кристаллы гердерита размером до 8 мм нарастают на кристаллы кварца.

Блеск гердерита стеклянный. Твердость — 5,5; хрупкий. Плотность 2,95—3,02 г/см³. Спайность несовершенная. Показатели преломления: $n_g = 1,619—1,627$; $n_m = 1,609—1,616$; $n_p = 1,587—1,604$; $n_g - n_p = 0,023—0,031$. Двуосный, отрицательный. $2V = 67—75^\circ$. Дисперсия — 0,017. Плеохроизм слабый. Зеленые гердериты из Бразилии люминесцируют фиолетовым цветом.

ЦЕРУЛЕИТ

Церулеит является довольно редким минералом. Он представляет собой водный арсенат меди и алюминия $\text{CuAl}_4(\text{OH})_8[\text{AsO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; кристаллизующийся в триклинной сингонии. Название получил из-за своего цвета (от лат. «небесно-голубой»). Долгие годы церулеит был мало известен даже многим минерологам, хотя и был открыт в 1900 г., — до тех пор, пока в Боливии не были найдены конкреции диаметром до 100 мм. Электронно-микроскопические исследования показали, что они состоят из призматических кристалликов, имеющих размер 5×2 мкм. Небесно-голубая окраска церулеита и физические свойства (матовый, восковой блеск; твердость — 6,5; плотность 2,7—2,8 г/см³; средний показатель преломления — 1,60) делают его поразительно похожим на бирюзу, в качестве имитации которой он в основном и применяется. Однако открытие месторождения в Боливии позволяет ставить вопрос об использовании церулеита как «самостоятельного» ювелирного и поделочного камня. Находки этого минерала известны также в Чили и Великобритании.

К диагностическим свойствам церулеита относятся его способность реагировать с HCl , HNO_3 и KNO_3 . При нагревании он устойчив до температуры 230°C , затем при 250°C переходит в голубовато-зеленоватый агрегат, а при 290°C становится рентгеноаморфным.

СИНГАЛИТ

Сингалит (синхалит) $\text{MgAl}[\text{BO}_4]$ получил название в 1952 г. по месту находки в Шри-Ланке (древнее название — Сингали). Кристаллизуется в ромбической сингонии, ромбо-бипирамидальном классе симметрии. Встречается в виде окатанной гальки или зернистых и волокнистых агрегатов.

Прозрачный, полупрозрачный или просвечивающий минерал бесцветен или окрашен в белый, коричневый, желтовато-, зеленовато-, розовато-коричневый, розовый, светло-желтый цвет. Имеет стеклянный блеск. Твердость — 5,5—7. Плотность 3,475—3,500 г/см³. Оптически двуосный, отрицательный. Показатели преломления: $n_g = 1,705\text{—}1,712$; $n_m = 1,692\text{—}1,697$; $n_p = 1,655\text{—}1,667$; $n_g - n_p = 0,013\text{—}0,015$. Плеохроизм отчетливый: по N_g — коричневый, N_m — зеленовато-коричневый, N_p — светло-коричневый. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. Находки ювелирного сингалита в Шри-Ланке, Бирме и Танзании связаны со скарнами и россыпями.

ЕРЕМЕЕВИТ

Еремеевит — довольно редкий минерал. Он представляет собой борат алюминия $\text{Al}[\text{BO}_3]$, кристаллизующийся в гексагональной сингонии, гексагонально-бипирамидальном классе симметрии. Открыт в пегматитах горы Соктуй в Забайкалье русским минералогом П. В. Еремеевым, в честь которого в 1883 г. и дано ему название. В 1974 г. были найдены прозрачные красиво окрашенные кристаллы еремеевита в пегматитах Намибии и описаны Г. Банком и Г. В. Беккером как ювелирный материал.

Еремеевит встречается в виде призматических кристаллов зеленоватого, светло-василькового, темно-синего (Намибия) или бледно-коричневого цвета, иногда бесцветных. Плотность 3,28—3,3 г/см³. Твердость — 6,5. Оптически одноосный, иногда аномально двуосный ($2V = 0\text{—}50^\circ$), отрицательный. Показатели преломления: $n_o = 1,647\text{—}1,653$; $n_e = 1,638\text{—}1,641$; $n_o - n_e = 0,008\text{—}0,013$.

По внешнему виду закономерно сросшиеся тройники еремеевита весьма напоминают кристаллы берилла, за которые они и были первоначально приняты. От последнего легко отличимы благодаря более низкой твердости и более высоким значениям плотности и показателей преломления.

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ЯНТАРЬ

Янтарь — это ископаемая смола. Отличительные особенности янтаря — золотистый, напоминающий солнечный цвет (рис. 45), 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 находили 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. В древнегреческой мифологии есть красивая легенда о происхождении янтаря. Фазтон упросил своего отца, 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.

В страны Средиземноморья янтарь поступал различными торговыми путями с побережья Балтийского моря, население которого издавна добывало этот камень, привлекавший своей красотой и легкостью обработки. Мастерские по обработке янтаря известны с конца неолита — начала бронзового века. Янтарные промыслы существовали, вероятно, и на побережье Днепра. Они давали материал для мастерских, находившихся в основном в Киеве. Такая

мастерская, относимая к XII—XIII вв., была обнаружена при раскопках на территории Михайловского монастыря в Киеве.

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. Замечательные изделия из янтаря (подсвечники, вазочки, чаши, кружки, рюмки, кубки и т. д.) хранятся в Оружейной палате в Московском Кремле. В 1963 г. открыт музей янтаря в Паланге, который знакомит с условиями образования камня, историей его добычи и обработки с древнейших времен до наших дней. Крупнейшая коллекция необработанного янтаря 13-ти цветов и изделий из него собрана в комнате-музее при Калининградском янтарном комбинате. Самый крупный в Советском Союзе Музей янтаря был открыт в конце 1979 г. в г. Калининграде. В нем представлено множество копий уникальных изделий из янтаря, хранящихся в Оружейной палате, Государственном Эрмитаже, Екатерининском дворце в г. Пушкине (бывшем Царском Селе), в музеях Берлина, Стокгольма, Гданьска.

В XIX в. объемы добычи янтаря значительно возросли, но стоимость его при этом снизилась. Из янтаря стали производиться в основном предметы широкого потребления, не имевшие как правило, художественной ценности.

Новый расцвет искусства обработки янтаря относится к середине 40-х гг. XX в. Возникли целые художественные направления и школы. Замечательные изделия из янтаря, экспонировавшиеся на международных выставках в Брюсселе, Бухаресте, Аддис-Абебе, Познани, Милане, производятся на комбинате «Дайле» в Клайпеде, артелью «Палангский янтарь» и другими мастерскими в Латвийской ССР, Литовской ССР и Калининградской области. Крупнейшим в мире центром добычи и обработки янтаря является Калининградский янтарный комбинат. Художники комбината сочетают янтарь с серебром, золотом, слоновой костью, деревом, эмалью и даже драгоценными камнями, создавая неповторимые изделия, восхищающие своей красотой посетителей всех международных выставок.

В настоящее время название «янтарь» [31] 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, копал, кранцит, пиатра, ретинит, росторнит, румынит, седарит, симетит, стантинит, телегдит, тринкерит, уилерит, шейбеит, шрауфит, яулингит, зуосмит, канзасит и др.

Янтарь образовался в процессе эволюции растительного покрова Земли. Наиболее вероятные янтарьпроизводящие семейства — *Pinaceae*, *Toxodiaceae*, *Cupressaceae* и некоторые др. [39]; поэтому предполагается существование соснового, таксодиевого, кипарисового и других генетических типов янтаря.

Согласно В. И. Катинасу и др., резкое потепление вызывало повышенное смолоотделение янтареносных хвойных растений. Истечение живицы при этом было очень интенсивным и многократным. В состав ее входили летучие компоненты (35% терпенов $C_{10}H_{16}$ и α -пинен — основная масса) и твердая часть (основная масса — смоляные кислоты $C_{19}H_{29}CO \cdot OH$, 3% — смоляные спирты и 10—12% неомыляемые вещества).

В условиях жаркого климата поверхность живицы изменялась, вязкость понижалась за счет испарения терпенов, происходило самоокисление смоляных кислот. Этот первый этап — этап отвердевания живицы и увеличения ее плотности — продолжался сотни лет. Второй этап заключался в фоссилизации живицы — постепенном изменении первичного состава и свойств веществ и интенсивном разложении в условиях теплого и влажного климата отмершей древесины и выносе ее растворимых частей водами. Постепенно процесс фоссилизации затухал, а живица покрывалась более молодыми отложениями. Так возникали коренные месторождения первичного янтаря.

Часть первичных месторождений была эродирована, в результате формировались россыпи различных генетических типов, из которых особое значение имеют морские россыпи, содержащие глауконит. Янтарь, встречающийся в месторождениях этой группы, характеризуется меньшей хрупкостью и несколько иным химическим составом. При метаморфизме первичных и россыпных месторождений

янтаря изменялись окраска и другие его свойства, что привело к образованию нового типа месторождений.

Основной промышленный тип месторождений — морские и прибрежно-морские россыпи. Разновозрастные россыпи такого типа известны в СССР (Нагорно-Карабахская АО в Азербайджане), мелового возраста — на Аравийском полуострове, эоцен-олигоценного — на юге Швеции, в ФРГ, ГДР, ПНР, СССР (Украина, Белоруссия, Прибалтика), Бирме, СРР, Мексике, миоценового — в ПНР и СССР (Украина), современные прибрежно-морские россыпи — в СССР, на побережьях о. Сицилия, Аляски и прилегающих к ней островов.

Балтийский янтарь (сукцинит) приурочен к Балтийско-Днепровской янтареносной провинции, вытянутой с северо-запада на юго-восток на 2000 км, шириной 500 км. Эта провинция проходит через Данию, юг Швеции, северо-восточную часть ФРГ, северную часть ГДР, ПНР, 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 (Пальмникенское), которое находится возле поселка Янтарного на Земландском полуострове в 40 км северо-западнее г. Калининграда. Месторождение это было, вероятно, известно со времен палеолита. С середины XVII в. оно начало осваиваться с помощью карьеров, колодцев и других небольших горных выработок. Во второй половине XVIII в. начали закладываться шахты и штольни в обрыве берега моря. В 1912 г. был построен карьер, эксплуатировавшийся до 70-х гг. XX в. После окончания Великой Отечественной войны была открыта новая залежь янтаря — Пляжевая, которая располагается в районе современного пляжа, вытягиваясь вдоль берега Балтийского моря на 750 м при ширине 150—200 м, и под дном моря, где она прослежена на расстоянии около 500 м и наблюдается на глубине 8 м, после чего глубина залегания ее резко увеличивается [37]. Мощность этой пластовой россыпи 2,9—6,2 м, среднее содержание янтаря 1588—2471 г/м³, глубина залегания 8—10 м. Янтареносные породы приурочены к песчано-алевритисто-глинистым породам, которые легко удаляются гидромонитором [37]. Промышленные скопления янтаря связаны с отложениями палеоген-неогенового возраста, с глауконитовой или янтарной формацией, в пределах ко-

торой локализуется наиболее богатый янтарем пласт — «голубая земля» раннеолигоценового возраста. Распределение янтаря в толще неравномерное.

В последние годы на территории Ровенской обл. СССР в окрестностях пос. Клесова было открыто еще одно крупное месторождение. Находки янтаря в этом районе были известны давно. Но промышленные россыпи на территории более 200 км² были выявлены только в 1979 г. Клесовское месторождение представляет собой пластовую россыпь, находящуюся в породах, не содержащих заметных скоплений глауконита. Янтарь рассеян в песчано-алевритисто-глинистых породах ранне-, средне- и позднеолигоценового возраста, залегающих на образованиях коры выветривания кристаллических пород Украинского щита. Распределение янтаря в месторождении неравномерное: так, на наиболее перспективном участке Пугач оно колеблется от 15 до 310 г/см³ при среднем содержании — 60 г/см³ [37]. Запасы янтаря значительны. По составу и ряду свойств этот янтарь мало отличается от янтаря Приморского месторождения [37].

Балтийский янтарь представляет собой ископаемую смолу деревьев *Pinus succifera* мел-эоценового возраста. По составу это высокомолекулярные соединения органических кислот, в различной степени полимеризованных и связанных друг с другом, в том числе со значительным содержанием янтарной кислоты. Химическая формула его C₁₀H₁₆O₄ при содержании (в %): углерода — 79, водорода — 10,5, кислорода — 10,5. В качестве примесей отмечаются N, S, Ca, Si, Fe, Y, V, Mn, Cu, Ti, Zr, Al, Mg, Nb, P, Pb, Zn, Cr, Ba, Co, Na, Sr, Sn, Mo. Некоторые колебания химического состава характерны не только для янтаря из различных мест, но и для различных образцов из одного и того же месторождения.

Форма и текстура обособлений янтаря связаны с условиями выделения живицы из деревьев. Они могут быть массивными, натечно-скорлуповатыми, натечно-слоистыми, трубчатыми, линзо-, каплевидными, представлять собой сталактиты и т. д. Поверхность выделений янтаря часто ноздреватая, окисленная, реже гладкая. Размеры выделений янтаря различные — от 1 мм до размера лимона или гусиного яйца. Редко встречаются уникальные выделения массой более 1 кг (рис. 46). Во второй половине XIX в. в Прибалтике были найдены куски массой 12 кг (в Пруссии), 9,7 кг (в Померании), 7 кг. В Музее Калининград-

ского янтарного комбината хранится образец янтаря массой 4,28 кг, а в Музее янтаря в г. Паланге — массой более 2 кг. В Львовской области были найдены куски массой в 6 и 1,27 кг.

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) краңцит («незрелый» янтарь, очень редкий).

По степени прозрачности среди балтийского янтаря выделяют прозрачную, полупрозрачную, непрозрачную или просвечивающую в тонких сколах (бастард) разности. Степень прозрачности янтаря, согласно Р. Клебсу, связана с наличием в нем мельчайших пустоток.

Цвет сукцинита золотисто- или медово-желтый, оранжевый, красновато-коричневый, иногда черный, белый (костяной и пенистый янтарь), голубой и полосчатый (слоистый). Блеск стеклянный, жирный, матовый. Плотность 1,05—1,09 г/см³, при выветривании повышается до 1,2 г/см³. Твердость — 2—2,5. Вязкий, в процессе окисления становится более хрупким и трещиноватым. Имеет неровный, раковистый излом. От ножа на поверхности янтаря появляется порошковатая черта. Показатель преломления — 1,538—1,545. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует бледно-голубым, белым, желтоватым, зеленоватым цветом.

Часто в янтаре встречаются включения растений, членистоногих классов паукообразных (лжескорпионов, сенокосцев, пауков и клещей) и насекомых (мелкие виды двукрылых и примитивные бескрылые насекомые) и др. Изредка, как пишет В. И. Катинас, находят в янтаре шерсть белок, перья дятлов и др. Среди растительных включений в балтийском янтаре обнаружены споровые (низшие грибы и плесени, разнообразные представители высших споровых), голосеменные (сосна — фрагменты хвои, соцветия, пыльца, — пихта, лиственница, ель, секвойя, зонтичная сосна, кипарисовые — виддрингтония, лобоседрус и кипарисовик), покрытосеменные (дуб, бук, клен, виды магнолиевых, лавровых, камнеломковых, ремнецетниковых, вересковых и др.). Наблюдаются в янтаре также включения пирита, битуминозного вещества, газовые и газозо-жидкие включения.

Только небольшая часть добываемого янтаря довольно крупного размера пригодна для изготовления ювелирных, ювелирно-галантерейных и сувенирных изделий. Мелкий янтарь, составляющий 90% общей 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° С без доступа воздуха. Впервые прессование 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 подвижный груз, который давит на проникшие в отверстия струи размягченного янтаря и способствует их лучшей распрессовке.

Подбор различного по оттенкам и степени замутненности естественного янтаря и добавка красителей в сочетании с особыми режимами давления позволяют получать различные по окраске и структуре продукты.

Исходный продукт прессования — мелкие кусочки янтаря, отходы от переработки янтаря при изготовлении ювелирных вставок, янтарная мука (измельченные в конусных дробилках мелкие кусочки янтаря). Прессованный янтарь может быть от совершенно прозрачного до непрозрачного, желтого, красного, коричневого, черного и другого цвета. Свойства его в целом соответствуют свойствам природного янтаря: он имеет аналогичные плотность (обычно около 1,06 г/см³), твердость, хрупкость и показатель преломления (хотя последний может повышаться до 1,65) [36]. Несколько отличается поведение в поляризованном свете при скрещенных николях амброида и природного янтаря: амброид при вращении не изменяет ха-

рактир освещенности, в то время как в природном янтаре наблюдаются балки погасания. В прессованном янтаре можно обнаружить структуры течения — прямолинейные, кривые, спиралевидные (типа свилей), шарики плотной основной массы, небольшие сгустки красителя, включения удлиненных пузырьков (в природном они всегда сферической формы). Б. Андерсон [1] рекомендует также отличать амброид по яркой молочно-белой люминесценции в длинноволновых ультрафиолетовых лучах, при этом обнаруживается его зернистая структура. Под действием эфира амброид несколько размягчается, поверхность его в отличие от природного становится липкой [50].

В ювелирном деле применяются также некоторые другие смолы. В первую очередь, это относится к копалу-смоле четвертичных хвойных деревьев каури (*Agathis australis*), произрастающих в Австралии, Новой Зеландии и Океании, семейства бобовых (*Leguminosae*), цезальпиниевых (*Cesalpiniaceae*) и дипторокарповых (*Diptorocarpaceae*), распространенных в Западной, Центральной и Восточной Африке, Центральной и Южной Америке. Она является «недозрелой» ископаемой смолой, не содержащей янтарной кислоты. Копал имеет светло-, медово-, винно-желтый и другой цвет. В ультрафиолетовом свете люминесцирует белым цветом. Плотность 1,06 г/см³. Твердость — 2—2,5. Показатель преломления — 1,53. Отличить от янтара-сукцинита копал можно благодаря большим легкоплавкости (размягчается под действием нагретой иглы), растворимости в эфире, несколько меньшей твердости, многочисленным трещинкам на поверхности.

Для бирмита характерен коричневый, винно-, медово-, огненно-, темно-красный цвет. Он отличается значительным содержанием включений насекомых и прожилков кальцита. Используются также симетит и румынит бурого, красноватого и даже черного цвета, а также красноватый, бурый ретинит и др.

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 янтара используется термообработка его в автокла-

ве с последующим охлаждением. Таким способом получают так называемый игристый янтарь. Подобный янтарь, содержащий небольшие веерообразные трещинки, создающие дополнительную «игру» камня, считается наиболее ценным и вставляется в золотые изделия.

Имитациями янтаря служат различные пластмассы (бакелит, бернат и др.). Янтарь отличается от них более низкой плотностью и голубой люминесценцией в ультрафиолетовых лучах.

ЖЕМЧУГ

Жемчуг — один из самых излюбленных старинных ювелирных камней. Применяется он только в ювелирном деле. Его происхождение связано с процессом жизнедеятельности моллюсков.

Жемчугоносные моллюски распространены как в морских, так и в пресных водах.

Морские моллюски дают самый лучший жемчуг, особенно двустворчатые моллюски рода *Pinctada*. *Pinctada vulgaris* встречается у побережья Красного моря, Персидского залива, Шри-Ланки, п-ова Малакка и о. Новой Гвинеи. Масса жемчужин не превышает 12 гран (1 гран $\approx 0,25$ кар). Наиболее крупные *Pinctada maxima* (их раковина достигает 30 см в диаметре, а масса 10 кг), дающие довольно крупный жемчуг, населяют северное и западное побережье Австралии и п-ова Малакка. *Pinctada margaritifera* обитает на мелководье Тихого и Индийского океанов у берегов Новой Гвинеи, Австралии, Новой Каледонии. Хотя наиболее ценятся у этих моллюсков раковины, в них встречаются и очень красивые, в том числе черные, жемчужины. *Pinctada martensii* распространены у южных берегов Японии, а *Pinctada radiata* — у побережья Центральной и Южной Америки.

Моллюски *Pinctada* формируют крупные колонии в теплых морях. Они ведут сидячий образ жизни, прикрепляясь биссусом к подводным камням. Продолжительность жизни от 3 до 11 лет.

Жемчужины массой до 7 кг продуцируют *Tridacna gigas*; масса самих моллюсков достигает 200 кг, а величина раковин до 1,4 м. Тридакна обитает у берегов Австралии в Индийском и в западной части Тихого океана.

В Средиземном море, в Тихом и Атлантическом океанах распространена *Pinna nobilis*, дающая красноватый,

темно-коричневый, черно-фиолетовый и черный жемчуг.

Встречается жемчуг также в раковине морского молотка-малеуса, черноморских мидиях, полупрозрачных плакунах, брюхоногих моллюсках *Strobus gigas*, *Haliotis*, *Trochus*, *Turbo*, головоногих — *Nautilus pompilius* и некоторых других [38].

Промысел морского жемчуга — очень древнее занятие, имеющее более чем 4000-летнюю историю. Однако за все это время способ добычи жемчуга мало в чем изменился. Сбор моллюсков — очень тяжелый и опасный труд. Ловцы жемчуга погружаются с лодок-каноев более чем на полторы минуты под воду на дно моря, собирают в проволочные корзины моллюсков. В день они ныряют по 30—40 раз. 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. Известна находка у побережья Индии раковины, в которой было обнаружено 87 жемчужин.

Пресноводные жемчугоносные двустворчатые моллюски относятся к роду *Unio*. Наиболее известны виды: *Margaritana margaritifera*, распространенная в СССР в реках Прибалтики, Карелии, Кольского полуострова, Ленинградской, Архангельской, Псковской, Новгородской, Калининской областей, а также Финляндии, Швеции, Норвегии, Великобритании, Ирландии, Северной Америки; *Margaritana dahurica*, характерная для бассейна Амура; *Margaritana middendorffi*, встречающаяся на Камчатке; *Margaritana sachalinensis*, обитающая в водоемах Сахалина [16]. Маргаритана живет в прохладных водах чистых проточных рек и ручьев, дно которых сложено гранитами, гнейсами, кристаллическими сланцами. Глубина обитания моллюсков 0,4—1 м, иногда до 2,4 м. Среднегодовые колебания температуры 0,5—16° С. Содержание в воде ионов Ca^{2+} от 5 до 25 мг/л.

Продолжительность жизни маргаритан 40—50 (иногда до 80) лет. Активный образ жизни совпадает с теплым временем года (7—9 месяцев), зимой процессы жизнедеятельности моллюсков замедляются, и они впадают в анабиоз. Это ведет к образованию на раковине годовых колец, позволяющих определять их возраст. Запасы жемчужницы в реках Северо-Запада СССР достаточно высоки — исчисляются миллионами и даже десятками миллионов экземпляров; особенно широко распространены

они в реках Варзуга, Пана, Кереть, Сайда, Емешь, Немина, Акулинина.

Добыча пресноводного жемчуга заключается в сборе со дна реки раковин с моллюсками руками, пальцами ног или расщепленными на конце шестами, щипцами, вилками и т. д. В настоящее время для сбора жемчужниц используют сачки, а при больших скоплениях раковин — драги и металлические ковши.

Жемчуг образуется в раковине моллюска, состоящей из трех слоев: внешнего органического — периостракума, сложенного конхиолином; среднего призматического и внутреннего пластинчатого — перламутрового, состоящих соответственно из призматических и пластинчатых кристаллов арагонита — CaCO_3 . Все слои формируются эпителиальными клетками мантии моллюска и представляют собой его наружный скелет. Такие же клетки, внесенные тем или иным способом в более глубокие слои мантии, продуцируют жемчужный мешок (цисту), который служит ростовой камерой для жемчужины. Возникновение жемчуга можно рассматривать как некоторую защитную реакцию моллюска на внедрение в него чужеродных предметов: кусочков раковин, минералов, сгустков органического вещества и т. д. Обволакивая их эпителиальными мантийными клетками, моллюск формирует органо-минеральный агрегат с концентрически-зональным строением, включающим ядро, призматические и пластинчатые слои. Ядро, состоящее из кусочков плагиоклазов, кварца и т. д., играет чисто генетическую роль: он является центром кристаллизации жемчуга. Ядро окружено тонким слоем конхиолина, на который, в свою очередь, нарастают призматические кристаллы арагонита, ориентированные перпендикулярно к поверхности слоев и имеющие четырех-, пяти-, шести-, семи-, восьмиугольное сечение. Каждый из кристалликов арагонита окружен конхиолиновым чехлом. Образование призматических кристаллов является результатом сезонного отложения арагонита моллюском, который чутко реагирует на изменения условий во внешней среде.

Призматические слои в ювелирных жемчужинах окружены пластинчатыми слоями. Соотношение мощности призматических и пластинчатых слоев в жемчуге может быть самым различным. Пластинчатые слои состоят из арагонитовых пластинок четырех-, пяти-, шестиугольной или неправильной формы, которые накладываются друг на друга подобно черепице, что обуславливает шероховатый

характер поверхности жемчужин. Пластинки склеены друг с другом конхиолином.

Колебания содержания арагонита, органического вещества и воды могут быть различными: в морском жемчуге арагонит составляет 82—86%, органическое вещество 10—14%, вода 0,5—4%; в пресноводном — арагонит — 5—95%, органическое вещество 4,5—95%, вода 0,5—4%. Возможны примеси Al, Ba, Fe, Si, Mg, Mn, Cu, Ag, Mo, Pb, Sr, Sb, Ti, Na, Sn и др. В морском жемчуге иногда также фиксируются Zr и La.

Форма жемчуга может быть различной: правильная сферическая (круглый жемчуг), продолговатая яйцевидная (овальный), полусферическая (пуговицы), каплевидная (грушевидная), неправильная (барокко). Вблизи стенки раковины образуется раковинный жемчуг — «пузырчатый» или «буточный», содержащий инородные вещества, и сплошной — блистер-жемчуг. Во все времена наиболее ценился правильный сферический жемчуг (ориенталь). На Руси он носил название «скатного» или «окатного». Круглые жемчужины диаметром 0,5—1 см назывались «карголопочками». В отдельные периоды появлялась мода на жемчуг неправильной (барокко), уродливой формы — парагоны, или монстры, напоминающие спину лягушки, собачий зуб и даже силуэты человека. Парагонам приписывались различные магические свойства.

Размер жемчужин разнообразен: от крошечных (пылеватых) — в десятые доли миллиметра — до мелких (до 2,5 мм по длинной оси), средних (2,5—6 мм) и крупных (свыше 6 мм). Самый крупный отборный жемчуг на Руси называли «бурмитским зерном», мелкий несверленный — «семенным жемчугом». Одной из крупнейших является жемчужина испанского короля Филиппа II «Перигрина» массой 252 грана, найденная в XVI в. у берегов Панамы. «Жемчужина Надежды» массой 2454 грана хранится в Великобритании, там же находятся жемчужины массой 1800 (в Геологическом музее) и 320 гран (в Британском национальном музее). Всемирную известность имеет необыкновенно красивая жемчужина «Пилигримка» (или «Пелегрина»), найденная у берегов Индии. Масса ее 112 гран (величиной с грецкий орех), форма идеально сферическая. По мнению специалистов, она может соперничать с жемчужиной «Регент» величиной с голубиное яйцо, массой 345 гран. Значительную величину имеют и такие жемчужины, как «Хонэ» (1888 гран), «Шах-Сафи» (513 гран),

«Королева Жемчужин» (113 гран), «Звезда Запада» (200 гран). Самая крупная жемчужина причудливой формы, напоминающая голову человека, — «Жемчужина Аллаха» массой 6,4 кг (24×14 см) — была извлечена у берегов Филиппинских островов из раковины гигантской тридакны, масса которой составляла более 300 кг, а возраст 450 лет. Качество этой жемчужины было, правда, не ювелирное.

Твердость жемчуга — 2,5—4,5; плотность 2,60—2,78 г/см³ (колебания связаны с различным содержанием органического и минерального вещества).

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.

Пресноводный жемчуг также может иметь различный цвет: белый (иногда с розоватым, золотистым, голубоватым, серебристым, сероватым, сиреневатым оттенком), серый, зеленоватый, коричневый, черный комбинированный (белый с серыми полосками, коричневый с серым пояском, серый с белой или коричневой «макушкой») [16, 38]. Пресноводный жемчуг часто люминесцирует в ультрафиолетовых лучах голубым или зеленоватым цветом.

Жемчуг использовали как один из излюбленнейших драгоценных камней с глубокой древности во всем мире: в странах Ближнего Востока, Центральной Америки, Индии, Египте, Китае, Греции, Древнем Риме и т. д. На Руси жемчужное шитье украшало одежду светских и церковных вельмож, праздничную одежду простых людей; жемчуг неизменно присутствовал на окладах икон, крестах, сосудах и т. д.

В сокровищницах Алмазного фонда СССР и Оружейной палаты бережно хранятся уникальные произведения ювелирного искусства, украшенные жемчугом: «Шапка Мономаха», «Шапка казанская» и «Шапка алмаз-

ная», оклады икон «Богоматерь Одигитрия», «Владимирская богоматерь» и ряд других изделий (рис. 47).

Органическое вещество, присутствующее в жемчуге, 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 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 промывать в соленой воде или обрабатывать углекислым калием, а затем эфиром, либо промывать в слабом растворе мыльной воды, а затем полировать смоченными в соляной кислоте отрубями или пробковой мукой [29].

Жемчуг издавна подкрашивали различными красителями, чтобы придать ему тот или иной цвет, чем приносили непоправимый вред, так как красители разрушали конхиолин. Подкрашенный жемчуг считался фальшивым. Отличить искусственную подкраску можно под микроскопом — она распределена неравномерно.

В настоящее время распространен культивированный морской жемчуг. Доля искусственно выращенного японскими и в меньшей степени австралийскими компаниями жемчуга в современной торговле достигает 90%. Метод культивирования жемчуга был запатентован в 1896 г. Кокиси Микимото. (В XIII в. Хоу-Тхен-Фод и его последователи в раковины пресноводных моллюсков закладывали фигурки Будды, которые со временем покрывались перламутром. Подобные опыты проводил и шведский натуралист Карл В. Линней). К. 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» (в качестве «ядра» использовались различные вещества и присадочная ткань) и «безъядерный» способы выращивания жемчуга. Были созданы плантации культивации жемчуга. Размер самых крупных японских культивированных жемчужин 10—12 мм — это результат двух-трехлетней жизнедеятельности моллюска.

В Японии выросла целая жемчужная отрасль промышленности, которая объединяет тысячи различных фирм. Крупнейшей является «Микимото Перлз», производящая

культивированный морской жемчуг в заливе Исе (о. Хонсю). Кроме того, в озере Бива к северу от Киото выращивается пресноводный жемчуг. Крупный жемчуг культивируется в Австралии. Производством культивированного жемчуга занимаются также КНР, Бирма, Шри-Ланка, Иран, Индия, Вьетнам, Филиппины и т. д.

Культивированный жемчуг по составу и свойствам в целом соответствует натуральному. Однако цены на натуральный жемчуг неизмеримо выше, чем на культивированный. Натуральный жемчуг продается в гранах, культивированный — в моммах (момме) (1 мом = 18,75 г). Мерой измерения культивированного жемчуга является диаметр жемчужины в миллиметрах. Натуральный жемчуг продается по базовой аукционной цене, т. е. масса жемчужины возводится в квадрат, а затем это число умножается на базовую цену. Оптовая цена за жемчужину на американском рынке в 1984 г. составляла, например, от 2 до 430 дол., розничная цена жемчужин диаметром 3 мм — от 45 до 75 дол., а диаметром 8 мм доходила до 4 тыс. дол. В связи с такой большой разницей в ценах на натуральный и культивированный жемчуг возникает сложная задача их идентификации. 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 выявить 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, устанавливают толщину слоя природного 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 вни-

мательно. 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. Американский геммолог А. И. Александер предложил применять для идентификации природного жемчуга метод радиографии, который был усовершенствован в лаборатории Лондонской торговой палаты [1]. Благодаря большей прозрачности для рентгеновских лучей ядра по сравнению с окружающим его слоем жемчуга на радиографиях культивированного жемчуга наблюдается четкая черная линия вокруг сферического «зародыша». А. И. Александер, считает, что в качестве диагностического может применяться метод рентгенолюминесценции: благодаря присутствию марганца в культивированном жемчуге последний светится в рентгеновских лучах, в то время как естественный жемчуг светится редко. Однако австралийский безъядерный культивированный жемчуг также не обнаруживает свечения в рентгеновских лучах.

Советские исследователи Л. В. Бершов, Ю. Л. Орлов, А. В. Сперанский предлагают способ диагностики природного морского и искусственно выращенного жемчуга методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); этот метод основан на установлении наличия в спектрах ЭПР культивированного жемчуга линий поглощения Mn^{2+} , изоморфно замещающего Ca^{2+} , тогда как в натуральном морском жемчуге они отсутствуют. Таким образом, метод ЭПР можно рекомендовать как наиболее надежный, позволяющий объективно и быстро отличить природный жемчуг от культивированного [30].

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), а также шарики из перламутра или покрытых перламутровым лаком пластмасс и т. д. Такие имитации можно отличить по плотности, люминесценции в ультрафиолетовых лучах. Стеклянные имитации легко диагностируются по прозрачности в рентгеновских лучах, наличию в них пузырьков воздуха и т. д. Плотность полый стеклянной бусины обычно несколько ниже $1,55 \text{ г/см}^3$, однако необходимо учитывать, что может использоваться стекло и с большей плотностью ($2,3\text{—}3 \text{ г/см}^3$ и более).

Кораллы — излюбленное украшение с глубокой древности. Бусинки розового коралла найдены в пещере Вильдшейер на стоянке эпохи палеолита.

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 подагры, 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.

Кораллы представляют собой скелетные образования колониальных полипов. Наиболее ценным считается красный коралл (*Corallium rubrum*) из подкласса восьмилучевых кораллов. Реже применяются другие кораллы: королевские черные (*Antepathes spiralis*), голубые (*Allopara subiroacea*) и др. Кораллы формируют древовидные постройки с диаметром ветвей $\approx 4-6$ мм, которые слагают рифы и атолы. Живут кораллы в теплых морях со среднегодовой температурой $13-16^{\circ}\text{C}$ на глубине $3-300$ м. Растут они очень медленно, примерно 75 мм в год.

Цвет коралла — розовый, телесно-розовый, красный, темно-красный, белый, редко голубоватый, черный. Наиболее известные средиземноморские кораллы разного цвета в Италии имеют свои коммерческие названия: белый — бианко (*Bianco*), телесно-розовый — кожа ангела (*Pella d'angelo*), бледно-розовый (*Rose pallido*) и ярко-розовый (*Rose vivo*), живой розовый, желтовато-розовый, цвета семги или лосося — второго цвета (*Secondo coloro*), красный (*Rosso*), темно-красный (*Rosso scuro*), очень темно-красный — бычья кровь (*Arciscuro* или *Carbonetto*)

В состав коралла входит $\sim 85\%$ кальцита, обнаруживающего радиально-лучистое строение в поперечном сечении ветвей, а также небольшое количество карбоната магния, иногда оксидов железа, марганца и др. В небольшом количестве ($1-3\%$) в нем содержится органическое вещество. В черном коралле (растет у берегов КНР, 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 2,7 до 1,32 г/см³) и показатели преломления ($n_o=1,658$, $n_e=1,487$ — у красного коралла; $n \approx 1,56$, $n_o - n_e = 0,160$ — у черного коралла). Твердость кораллов лучшего качества 3,5—4. Блеск матовый, на полированных поверхностях — стеклянный, в изломе иногда жирный. В ультрафиолетовых лучах кораллы люминесцируют бледно-фиолетовым или пурпурно-красным цветом.

Коралловые постройки имеются в Средиземном (у берегов Италии, Алжира, Туниса, Марокко, островов Сицилии, Сардинии, Корсики), Красном море, у побережья Малайского архипелага, Японии, Австралии, Гавайских островов. Кораллы добываются в очень значительных количествах. Так, в Тунисе, который является одним из крупнейших поставщиков кораллов на капиталистический рынок, добыча кораллов по официальным данным, которые существенно занижены, составляла в 1983 г. 7,0 т. (фактическая, вероятно, больше на ~ 13 т). Наиболее ценной частью является верхушка коралловых веток. Цена коралловой ветки на внутреннем рынке колеблется от 100 до 500 тунисских динаров за 1 кг. Более 75% добываемых в Тунисе кораллов экспортируется, главным образом, в Италию, в меньшей мере в Швейцарию, Францию, Японию, АРЕ, Саудовскую Аравию и США. Экспортные цены необработанного коралла обычного качества в 1984 г. составляли 60—250 тунисских динаров за 1 кг, наивысшего качества — до 800 тунисских динаров за 1 кг.

Большая популярность кораллов приводит к тому, что они хищнически истребляются — быстрее, чем растут, в связи с чем очень актуален вопрос о защите кораллов. Так, в Тунисе промысел коралла разрешен только по лицензиям, выдаваемым Генеральным комиссариатом по рыбной ловле. В 1982 г. было выдано 75 таких лицензий. Подобные меры принимаются и в ряде других стран.

Из кораллов изготавливают бусы, перстни, броши, четки. Издавна кораллы использовались для гемм.

Помимо кораллов с природной окраской, применяются облагороженные кораллы, искусственно окрашенные в желаемый цвет. В качестве имитаций кораллов используются рога и кости животных, розовый жемчуг, гипс, стекло, пластмассы, каучук. Главными диагностическими признаками являются реакция с HCl, наличие зонального или сетчатого рисунка, особая зернистая структура.

В последние годы во Франции П. Жильсон разрабо-

тал 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 кораллов, изготовленных таким способом, 2,60—2,70 г/см³, показатели преломления 1,468 и 1,658. Искусственные кораллы в 7 раз дешевле натуральных такого же цвета и качества. Так как они не являются продуктом жизнедеятельности живых организмов, их можно рассматривать как удачную имитацию кораллов с весьма близкими свойствами и внешним видом. Одним из важных отличительных признаков кораллов П. Жильсона служит отсутствие сетчатого рисунка, характерного для природных натуральных кораллов.

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, траурных украшений в Закавказье (арм. гешири — ночь). Применялся он с давних времен, в Великобритании найден в захоронениях доримского времени.

Гагат — разновидность бурого угля, образовавшаяся за счет углефикации хвойных деревьев семейства араукариевых в восстановительной анаэробной среде. Он наблюдается в виде прослоев и линз мощностью от 1 до 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 в других ископаемых углях, органическая масса состоит из углерода (60—90%), водорода, кислорода, азота; могут отмечаться также примеси S, P, Ca, Mg, Al и др. Содержание летучих компонентов, особенно водорода, в гагатах несколько выше, чем в других ископаемых углях. Твердость гагата — 2,5—4. Плотный, вязкий, легко режется ножом и хорошо шлифуется и полируется, приобретая при этом смолистый блеск. Незначительная твердость позволяет обрабатывать его на обыч-

новенном токарном станке. Излом раковистый. Плотность 1,3—1,4 г/см³. Показатель преломления — 1,64—1,68. Горит коптящим пламенем. При трении иногда электризуется, с чем связано еще его одно название — черный янтарь.

Месторождения гагата находятся в Великобритании (Уитби, Йоркшир), Испании (Астурия), Франции (департамент 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) он отличается низкой твердостью и плотностью, смолистым блеском. «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.

Глава VI. 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 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) «поддельваются 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 изготавливали, склеивая 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 стекляного сплава, чистого и бесцветного с относительно высоким показателем преломления. Сплав, состоящий из кремния, оксидов железа и алюминия, а также 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.

Таким образом, в настоящее время существуют следующие виды синтетических ювелирных камней: 1) аналоги природных ювелирных камней — алмаз, корунд, шпинель, кварц, опал, александрит, изумруд, сподумен, малахит, бирюза, фенакит; 2) не имеющие природных аналогов — фианит, иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ), гадолиний — галлиевый гранат (ГГГ), оксид иттрия, титанат стронция (фабулит), ниобат лития, ниобат бария и натрия, танталат лития и др.; 3) имеющие природные неювелирные аналоги, применяемые как имитации ювелирных камней, — муассонит, бромеллит, периклаз, цинкит, рутил и др.; 4) группа материалов, имеющая названия, аналогичные традиционным ювелирным камням, но не соответствующая им по составу, структуре или свойствам, — бирюза, лазурит, коралл и др.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАМНЕЙ

В настоящее время существует ряд методов искусственного выращивания ювелирных камней. Они подробно описаны в специальной литературе. Мы кратко остановимся на основных из этих методов.

Синтез кристаллов из расплава. При этом методе кристаллизация камня происходит при охлаждении расплавленных веществ.

Метод М. Вернейля впервые был применен в промышленных целях для искусственного выращивания рубинов в 1905 г., шпинели и сапфиров в 1910 г. В настоящее время этот метод используется также для синтеза рутила (с 1948 г.), титаната стронция (с 1955 г.) и др. Метод Вернейля заключается в следующем: к горелке с направленным вниз соплом через внешнюю трубу подводится водород, а через внутреннюю — кислород (рис. 8). В ток кислорода подается измельченный порошок оксида алюминия зернистостью около 20 мкм, полученный прокаливанием алюмоаммиачных квасцов: порошок 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 расплавленный оксид алюминия, образуя

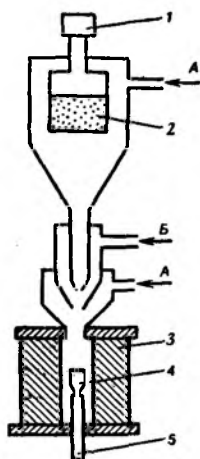


Рис. 8. Схема аппарата М. А. Вернейля:

- 1 — дозатор;
- 2 — шихта;
- 3 — кристаллизационная камера;
- 4 — кристалл;
- 5 — кристаллодержатель;
- А — подача кислорода;
- Б — подача водорода

шарик расплава. Стержень кристаллоносца постепенно опускается со скоростью 5—10 мм/ч, при этом обеспечивается постоянное нахождение расплавленной растущей части корунда в пламени. Диаметр образовавшихся кристаллов («булек») обычно достигает 20 мм, длина 50—80 мм, иногда их размер гораздо больше. Добавлением примесей различных хромофоров добиваются получения широкого спектра окрасок синтетических корундов (для получения красного цвета добавляют ионы Cr^{3+} , синего — Ti^{4+} и Fe^{2+} и т. д.)

Метод Чохральского 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 поднимают вверх со скоростью 1—50 мм/ч с одновременным вращением с частотой 30—150 об⁻¹. Вращают вал, чтобы выровнять температуру расплава и обеспечить равномерное распределение примесей. Диаметр кристаллов до 50 мм, длина до 1 м. Методом Чохральского выращивают ИАГ (с 1968 г.), ГГГ (с 1975 г.), а также корунд, шпинель, хризоберилл, ниобат лития и др.

Метод зонной плавки применяется для синтеза ИАГ, корунда и др. В процессе выращивания кристаллов этим методом с помощью нагревательного механизма расплавляется небольшая область — «зона», а затем нагреватель перемещается вдоль образца, в связи с чем происходит последовательный рост монокристалла. Существуют два варианта этого метода: в методе горизонтальной направленной кристаллизации используется длинная узкая лодочка (полученные кристаллы имеют форму пластин размером $220 \times 100 \times 20$ мм и более в зависимости от величины лодочки); в вертикальном варианте — «плавающая зона» — применяется спеченный стержень, закрепляемый в верхней и нижней частях.

Метод гарниссажа, или прямого высокочастотного плавления в холодном контейнере, использован для получения стабилизированного кубического оксида циркония — фианита. При его кристаллизации в качестве своеобразных стенок тигля используется кристаллическая оболочка самого полученного вещества.

Синтез кристаллов из раствора в расплаве флюсов (флюсовый метод) осуществляется при высоких давлениях способом обратного температурного перепада либо в изотермических условиях за счет испарения расплава. Этим методом получают алмаз, изумруд, хризоберилл, шпинель и др.

Гидротермальный метод применяется при изготовлении кварца, изумруда, корунда и т. д. Кристаллы выращиваются в автоклавах на затравочных пластинках из растворов при температурах $250\text{—}600^\circ\text{C}$ и давлениях десятки и первые сотни мегапаскалей.

При более низких температурах ($\sim 180^\circ\text{C}$) из гидротермальных слабощелочных растворов выращивают малахит.

Концентрированием растворов получают сферические частицы кремнезема: при последующем длительном остывании их или центрифугировании и тепловой обработке достигается получение искусственных опалов, обладающих опалесценцией.

Метод газотранспортных реакций, осуществляемый в контейнерах из жаропрочных сплавов при высоких температурах в условиях перепада последних, использован для изготовления из газовой фазы хризоберилла, фенакита и др.

Существует и ряд других методов искусственного выращивания ювелирных камней.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ КАМНИ

Корунды — Al_2O_3 . Год рождения синтетического рубина — 1905. В лаборатории французского химика А. Е. Александра были получены искусственные рубины ювелирного качества по методу, предложенному М. А. Вернейлем. С этого времени данный метод стал промышленным. Сырьем для синтеза корунда служит тонкоизмельченный порошок оксида алюминия, получаемый при кальцинации аммоний-алюминиевых квасцов. Для окрашивания кристаллов добавляют оксиды переходных металлов в концентрациях 0,1—2,0%: оксид хрома для рубина, оксиды железа и титана для сапфира, оксид никеля для желтого, а оксид кобальта для зеленого корунда, оксид 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 (около 0,3%) количества оксида титана. Полученные кристаллы отжигают длительное время в окислительной среде при температуре от 1100 до 1500° С; при этом происходит пересыщение оксида титана и выделение тонких ориентированных игл рутила, которые обеспечивают известный эффект шестилучевой звезды. Способ выращивания синтетических корундов по методу М. Вернейля до 1940 г. был распространен только в Европе. Им занимались такие фирмы, как «Содем Дьевайрдиан» в Швеции, «Байковский» и «Рубис синтез» во Франции, «Видерс Карбидверк» в ФРГ. С 1940 г. этот метод распространился в США, где фирма «Линде» начала промышленный выпуск синтетических корундов.

Методом Чохральского можно изготовить 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, можно 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 кристаллы корундов самой различной формы. В институте были созданы установки «Сапфир-1М» и «Сапфир-2М», в которых синтезируются корунды методом направленной кристаллизации, предложенным Х. С. Багдасаровым. Этот способ позволяет выращивать кристаллы лейкосапфира в виде пластин больших 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°C . При этом оксид алюминия расплавляется. 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.

По данным советских исследователей, основные физические свойства синтетических корундов весьма близки к природным. Плотность синтетических корундов $3,992\text{ г/см}^3$. Примесь хрома повышает плотность (до $4,013$

г/см³), а титана, кальция и ряда других элементов — понижает. Показатели преломления: $n_o=1,7681-1,7635$, у высокохромистого рубина — до 1,7801; $n_e=1,7599-1,7631$. 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, оснащенный специальным приспособлением для записи спектров поглощения ограненных камней. Отличительный признак синтетических рубинов, полученных при гидротермальном синтезе, — наличие в ИК-спектрах серии полос поглощения в интервале 3000—3600 см⁻¹, вызванных гидроксильными группами. В ультрафиолетовых лучах синтетические корунды люминесцируют ярко-красным (рубин), оранжево-коричневым (александритоподобный) и др. светом. Синтетические корунды, в том числе рубины и сапфиры, обладают рядом внутренних особенностей. Для них наиболее характерны газовые включения различного размера и формы, 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. 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. Одна-

ко внимательное изучение включений, формы и характера заполнения трещин, наличие «затравок» и другие признаки позволяют решить этот вопрос.

Определить синтетические корунды, имитирующие алмазы, александриты, изумруды, аквамарины, топазы и др., нетрудно, так как их основные физические свойства отличаются от природных корундов.

Шпинель — $MgAl_2O_4$. Синтезируется этот красивый драгоценный камень методом М. А. Вернейля. Для изготовления шпинели используют смесь оксидов алюминия и магния, получаемых соответственно из аммоний-алюминиевых квасцов и сульфата магния. Выращивают шпинель также из раствора в расплаве и др.

Синтетическая шпинель имеет твердость 8, плотность 3,59—3,61 г/см³, $n=1,722—1,727$. В ультрафиолетовых лучах инертна (розовая) или чаще люминесцирует: бесцветная — беловатым (365 нм), голубовато-белым (254 нм) цветом, голубая — красным (365 нм), тускло-красным, голубовато-белым, оранжевым (254 нм); желтая — светло-зеленым; зеленая — красным (365 нм), молочно-белым (254 нм) цветом и т. д.

Синтетическая шпинель может быть самой различной окраски (рис. 48), и поэтому она имитирует не только природную шпинель, но и алмаз, сапфир, 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 характеризуется совершенной спайностью по кубу; в поляризованном свете при скрещенных николях у нее 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. Согласно Е. Гюбелину, для природной шпинели характерны включения октаэдрических кристаллов шпинели, доломита, игольчатого сфена, альбита, апатита. Синтетическая шпинель, выращенная по методу Вернейля, как правило, не содержит включений. Изредка в ней наблюдаются овально вытянутые мелкие газовые пузырьки. Криволинейная зональность окраски для синтетической шпинели менее характерна, чем для вернейлевских корундов.

Изумруд. Впервые синтетический изумруд получен в

1848 г. во Франции, однако коммерческого значения он не имел. В 50-е г. на мировом рынке продавался изумруд, полученный из раствора в расплаве. В 60-е г. появились изумруды, выращенные французской фирмой П. Жильсона. В 1965 г. американская фирма «Линде» в таком огромном количестве (200 тыс. кар в год) выпустила синтетический изумруд под названием «квинтесса», что возникла острая проблема в его сбыте. Новое оживление торговли связано с появлением гидротермального синтетического изумруда под названием «регентский изумруд», выпускаемого американскими фирмами «Вакуум веючаро ини» и «Помтон лейко». В настоящее время синтетические изумруды выпускаются в СССР, США, Франции, Швейцарии, ФРГ, Японии и др. Известны синтетические изумруды «Эмерита» или «Симеральд», изготавливаемые в Австрии. Они представляют собой бериллы с изумрудным покрытием толщиной 0,3 мм. Цвет их бледно-зеленый. Такие изумруды характеризуются трещиноподобными линиями в поверхностном слое, который выглядит при погружении в жидкость как тонкий интенсивно-зеленый ободок [1].

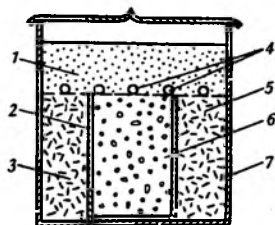
Фирмы «Чатэм» (США) и «Жильсон» (Франция) выпускают синтетические изумруды «Эмеральз», выращенные из раствора в расплаве с флюсом на затравку из пластин берилла. В качестве флюса применяют оксиды лития и вольфрама или оксиды лития и молибдена. Процесс синтеза протекает очень медленно — в течение месяца наращивается слой толщиной в 1 мм.

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°C, давлении 70—140 МПа с заполнением автоклава расплавом на 2/3 объема. Скорость роста кристаллов 0,8 мм/сут. Этот метод применяется для выращивания изумрудов 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. 9). Смесь из любых двух компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , BeO_2) помещают в кольцевое пространство, третий компонент —

Рис. 9. 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 центральную часть. В верхней части отбойной перегородки располагают затравочные кристаллы. Затем в реактор вводят растворитель из молибдата лития или оксида ванадия и всю систему равномерно нагревают до температуры, превышающей точку плавления каждого из компонентов смеси. Когда температура каждого 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 добавлен молибдат лития, или в соляной кислоте, если растворителем служит оксид ванадия. В результате получают прозрачные бесцветные кристаллы, не отличающиеся по физическим и химическим свойствам от природного изумруда. Красивый зеленый цвет достигают добавлением в раствор небольшого количества оксида хрома. Японская фирма «Киоте Керамик и К°» этим методом изготавливает ежегодно около 300 кар синтетических изумрудов. Успешно выращиваются изумруды в СССР.

Свойства синтетических изумрудов весьма близки к свойствам природных камней. Изумруд, выращенный из раствора в расплаве, имеет показатели преломления: $n_o = 1,556—1,567$; $n_e = 1,556—1,561$; $n_o - n_e = 0,003—0,004$. Плотность $2,64—2,65$ г/см³. Для него характерны красный цвет под фильтром Челси и в ультрафиолетовых лучах, наличие включений флюса и типичных вуалеобразных трещин, поглощение в видимой области с максимумами при $420—425$ и $450—455$ нм, отсутствие в инфракрасных спектрах полос поглощения воды [12].

У гидротермального изумруда показатели преломления: $n_e = 1,571-1,578$; $n_o = 1,566-1,572$; $n_o - n_e = 0,005-0,007$. Плотность $2,67-2,69$ г/см³. Окраска и физические свойства таких изумрудов еще ближе к природным. Только мелкие черные и бурые непрозрачные включения, характерное блочное строение, поглощение в области 430, 450 нм и интенсивное поглощение в красной области позволяют отличить эти изумруды от природных.

В настоящее время искусственно выращиваются и другие разновидности берилла, окрашенные в голубой, розовый и иные цвета.

Кварц — SiO_2 . В настоящее время кварц выращивают гидротермальным способом в стальных автоклавах. Растворителем сырья природного кварца служат растворы гидроксидов и карбонатов щелочных металлов — натрия или калия концентрацией от 3 до 15%. Синтез проводят при давлении 50—150 МПа и температуре 250—450°C. Для затравки используют пластины или стержни природного кварца, которые ориентируют параллельно кристаллографическим плоскостям {0001} и {11 $\bar{2}$ 0}. 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 системы $\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{CO}_2$ с добавкой окислителей при давлении 150 МПа зеленая и бурая окраска изменяется на золотисто-желтую — цитриновую. Появление такой окраски зависит от концентрации в растворе ионов Fe^{3+} . При дальнейшем увеличении концентрации железа кристаллы становятся оранжево-красными.

Синюю окраску кристаллов получают, вводя в систему $\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}-\text{CO}_2$ кобальт. Густота окраски зависит от содержания последнего: в голубых кристаллах его до 0,001%, а в ярко-синих — до 0,02%.

Аметистовая окраска достигается при выращивании кристаллов в калиевой системе при температуре 320—420°C и давлении 100—140 МПа. Если в систему $\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{CO}_2$ добавить избыточное количество трехвалентного железа и снизить содержание примеси алюминия, то кристалл становится дымчатым. После ионизирующего облучения кристаллы приобретают прочную аметистовую окраску. Введенный в систему алюминий

частично замещает кремний, в результате чего после воздействия ионизирующего облучения окраска кристалла кварца становится дымчатой, типичной для раухтопаза. При увеличении концентрации алюминия можно получить черную окраску, подобную цвету мориона.

Цветной синтетический кварц широко применяется в ювелирной промышленности, а бесцветные его разновидности — в технике: радиоэлектронике, оптике, химической промышленности. В СССР налажено промышленное производство синтетического кварца [5]. По свойствам синтетический кварц идентичен природному.

Рутил — TiO_2 . В 1948 г. в результате проведенных исследований в фирмах «Линда» и «Националь Лед и К°» (США) был разработан 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 как имитация алмаза. Он имеет алмазный блеск, твердость 6—6,5. Плотность 2,90—2,97 г/см³. $n_o = 2,62$; $n_e = 2,90—2,97$; $n_e - n_o = 0,287$. Дисперсия — 0,280, вследствие чего обладает очень сильной игрой света, что позволяет легко отличить его от бриллианта.

Титанат стронция (фабулит) — SrTiO_3 . Долгие годы использовался как лучшая имитация бриллианта (до появления фианита). Фабулит совершенно бесцветен, оптически изотропен, и его показатель преломления (2,41) аналогичен алмазу. Дисперсия у фабулита 0,10—0,20, т. е. более высокая, чем у алмаза, что обеспечивает красивую игру при изменении углов падения лучей света или освещения. Твердость — 5,5—6,0, поэтому его целесообразно использовать для изготовления серег или кулонов, а не в кольцах.

Синтез титаната стронция осуществляется по 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).

Иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ) — $\text{Y}_3\text{Al}_2[\text{AlO}_4]_3$, **гадолиний-галлиевый гранат (ГГГ)** — $\text{Gd}_3\text{Ga}_2[\text{GaO}_4]_3$. ИАГ, ГГГ и другие искусственные редкоземельные гранаты представляют собой соединения, имеющие структуру граната. Они стали выпускаться в начале 60-х гг., а с

1969 г. — использоваться в ювелирных целях. Выращиваются ИАГ и ГГГ методами горизонтальной направленной кристаллизации, Чохральского и др. [4].

Бесцветный ГГГ широко используется как имитация бриллиантов. Он имеет высокие, близкие к алмазу, показатели преломления ($n=2,02-2,03$) и дисперсию (0,038.) Твердость ГГГ — 6—6,5. Плотность 7,05 г/см³. В ультрафиолетовых лучах инертен либо светится слабым розовым или фиолетовым цветом.

ИАГ содержит различные редкие земли, вследствие чего может приобретать разнообразные окраски: зеленую, желтую, сиреневую, розовую и т. д. Твердость его 8,5. Плотность 4,57—6,69 г/см³. Показатель преломления $n=1,832-1,873$. Дисперсия — 0,028. В ультрафиолетовых лучах инертен или люминесцирует белым, розовым, сиреневым, желтым светом.

Ниобат лития — LiNbO_3 — выращивается по методу Чохральского. Бесцветный, при добавках в расплав оксидов металлов переходной группы можно получить кристаллы различной окраски: при введении оксида хрома — зеленую, оксида железа — красную, оксида кобальта — голубую или синюю. Это относительно мягкий синтетический камень (твердость около 5,5). Интересен он, прежде всего, оптическими свойствами. Показатель преломления его $n=2,21-2,31$. Дисперсия высокая — 0,120—0,130, что обеспечивает красивую игру камня. Плотность 4,64 г/см³. Используется как имитация бриллианта.

Фианит — $(\text{Zr}, \text{Hf})\text{O}_2$. В 1970—1972 гг. Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) разработал способ изготовления нового синтетического материала на основе кубической модификации оксида циркония и гафния — фианита. Он обладает хорошей огнеупорностью и химической стойкостью, высокой степенью прозрачности. Температура плавления фианита 2600—2750 °С, твердость — 8, плотность 5,5—5,9 г/см³, показатель преломления приближается к таковому алмаза — 2,15—2,18. Дисперсия — 0,059—0,065. По химическому составу фианит представляет собой оксид циркония, стабилизированный добавками редкоземельных элементов — эрбия, церия, неодима или кобальта, ванадия, хрома и железа. Кристаллы фианитов образуются из расплавленной массы элементов, входящих в его состав. Процесс кристаллизации происходит на специальных затравках при охлаждении расплава. Скорость роста кристаллов 8—10 мм/ч. Можно получить

кристаллы фианита массой до 250 г. Окраска фианита и его плотность определяются химическим составом. Небольшие количества примесей перечисленных элементов придают фианитам разнообразный цвет и оттенки: красный, розовый, фиолетовый, голубой, желтый, белый и др. (кроме изумрудного). По цветовой гамме фианит может соперничать с аметистом, гранатом и цирконом (рис. 49).

Высокий показатель преломления фианитов, близкий к показателю алмаза, и большая дисперсия создают особую игру света при различных условиях освещения. Эти свойства в сочетании с разнообразной окраской позволяют имитировать природные драгоценные камни, а также создавать новые, оригинальные по окраске. В ультрафиолетовых лучах фианит в зависимости от примесей может люминесцировать голубым, желтым, фиолетовым и другим цветом.

В промышленном количестве фианиты начали выпускать в СССР с 1972 г. Он сразу завоевал всеобщее признание как в технике, так и в ювелирной промышленности. Из него изготавливают высококачественные линзы для оптических приборов и очков, так как благодаря высокому показателю преломления почти плоские линзы обеспечивают высокую степень увеличения, а также оптические устройства для квантовых генераторов.

Перспективен 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 сырья при огранке обычно не превышает 15%. При огранке высота нижней части камня должна быть более глубокой, что улучшает его «игру», а «площадка» — более плоской. 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» синтезирует материал «диамонеск», очень похожий по своим свойствам на фианит, в Швейцарии фирма «Гранд-Лдевахирджан»СА производит «джевалит», а в Австрии фирма «Д. Сваровски энд К°» выпускает

«цирконий» * по советской лицензии. Цены на эти материалы — 10 дол./кар.

Алмаз. «Блестящее будущее рисуется нам для алмаза, когда человек сумеет овладеть тайной искусственного его получения. Алмаз до сих пор упорно хранит эту тайну, и то немногое, чего добилась наука, еще далеко от разрешения проблемы в целом...» — так писал А. Е. Ферсман. В 1938 г. советский физик О. И. Лейпунский провел теоретический анализ условий образования алмаза из графита и определил области стабильного существования алмаза. 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 одного из опытов по синтезу алмаза из графита удалось получить первые в мире искусственные алмазы. Давление составляло $80 \cdot 10^8$ МПа, температура 2500°C , выдержка во времени 2 мин. В декабре 1954 г. ученые фирмы «Дженерал Электрик К°» создали искусственные алмазы размером около 0,8 мм. Впоследствии ими была разработана камера типа «белт». После этого синтез алмазов был организован в Бельгии, Великобритании, Японии и др.

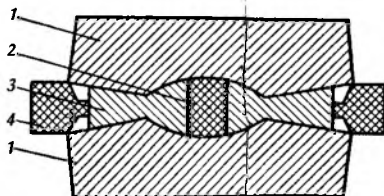
В СССР способ получения синтетических алмазов был разработан в 1960 г. Институтом физики высоких давлений АН СССР. Руководил работами акад. Л. Ф. Верещагин. В 1961 г. в Институте сверхтвердых материалов АН УССР была отработана промышленная технология синтеза алмазов. Процесс осуществляется при температуре $1800\text{—}2500^\circ\text{C}$ 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 раствора в расплаве металла-катализатора.

Синтез алмаза проводится в камере типа «чечевица» объемом несколько кубических сантиметров (рис. 10). Нагревание осуществляется индукционным методом или прямым пропусканием электрического тока. При сближении пуансонов реакционная смесь графита с никелем (а также со слоистым пирофиллитом) сжимается, и давление в камере превышает $50 \cdot 10^2$ МПа. В результате произ-

* Так называют фианит в Австрии.

Рис. 10. Схема камеры типа «чечевица»:

- 1 — пуансоны;
- 2 — реакционная смесь графита с никелем;
- 3 — пиррофиллитовая прокладка;
- 4 — муфта



ходит перекристаллизация гексагональной кристаллической решетки графита в кубическую структуру алмаза. Размер кристаллов алмаза зависит от времени синтеза: при времени реакции 3 мин образуются кристаллы массой около 10 мг, а 30 мин — 70 мг. Наиболее прочные кристаллы размером до 0,5—0,8 мм; физико-механические свойства более крупных кристаллов хуже. Кроме описанного, разработаны другие способы выращивания алмазов.

В 1963 г. В. Ж. Эверсом (США) был запатентован способ выращивания алмазов из перенасыщенной углеродом газовой фазы (метана, ацетилена или других углеводородов) при давлении ниже $10 \cdot 10^2$ МПа. Образующаяся избыточная поверхностная энергия на границе графит — воздух способствует формированию зародышей алмазов. Подобный метод был разработан в СССР Б. В. Дерягиным и Д. В. Федосеевым [26]. 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 и 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. Фирмой «Дженерал Электрик К°» (США) 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 ежегодное производство синтетических алмазов (без СССР) составляет более 200 млн. кар.

Главные центры — 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 первых трех видов 0,04—0,63 мм. Кроме того, выпускаются две марки микропорошков — АСМ и АСН с размером зерен 1—60 мкм. Размер зерен монокристаллических синтетических алмазов АСК и АСС 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 в следующем порядке: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС. Механическая прочность алмазов АСС приближается к прочности природных алмазов.

Синтетические алмазы широко применяются для производства алмазно-абразивного инструмента, брусков, шлифовальных и отрезных кругов, 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 физическим свойствам к природным алмазам, — эльбор (или кубонит), гексанит и др.

В настоящее время десятки лабораторий в различных странах продолжают поиски более рациональной и эффективной методики выращивания алмазов для технических нужд и ювелирных целей. Нерешенных проблем в этой области очень много.

Александрит — BeAl_2O_4 . Впервые был синтезирован в 1972 г. в США. Сейчас выращивается в ряде стран методами из раствора в расплаве, Чохральского, гидротермальным. Свойства синтетического александрита аналогичны свойствам природного. Отличается от последнего наличием характерных включений, ростовых полос, дактилоскопических текстур.

Бирюза — $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. В настоящее время получают синтетическую бирюзу — аналог природной. Первые сообщения о получении синтетической бирюзы, полного аналога природной, принадлежат М. Гофману (1927 г.). Однако есть сомнения относительно идентичности структуры. Бирюза М. Гофмана была получена смешиванием и последующим прессованием при нагреве $\text{Cu}(\text{SO}_4)$ и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ с $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Na}_2(\text{HPO}_4)$ или углекислой основы меди и $\text{Al}(\text{OH})_3$ с H_3PO_4 .

В 1972 г. Пьер Жильсон синтезировал бирюзу, являющуюся полным аналогом природной. Признаками, позволяющими отличить подобную бирюзу от природной, являются следующие: несколько заниженная плотность ($2,7 \text{ г/см}^3$), характерная структура поверхности, наблюдаемая под микроскопом, обусловленная наличием угловатых голубых частиц, распределенных в беловатой основной массе (в природной иногда можно заметить темно-синие диски на более светлом фоне). Капля разбавленной соляной кислоты впитывается природной бирюзой и скатывается с синтетической.

Спектры отражения синтетической бирюзы в интервале $450\text{—}1300 \text{ см}^{-1}$ отличаются от спектров природной, для нее характерны максимумы поглощения $1115, 1050, 1000$ и 570 см^{-1} с более сглаженными широкими пиками. Необработанная бирюза П. Жильсона стоит примерно в 5 раз ниже высококачественной природной: в зависимости от качества бирюза умеренно-синего («Клеопатра») и интенсивно-синего («Фарах») цвета оценивается от 135 до 750 дол./кг.

Синтетическая бирюза, практически неотличимая от природной, получена в СССР [5].

Опал — $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. 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 — $1,52\text{—}1,53$, твердость — $5,5\text{—}6,5$. Он легко разрезался и полировался. Синтетические опалы на кремнеземной связке (самые близкие к природным) впервые 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 — $1,44$, твер-

дость — 4,5 (несколько ниже, чем у природного опала). Синтетические опалы в отличие от природных легко прилипают к языку.

К диагностическим признакам синтетического опала можно отнести: 1) их равномернозернистую мозаичную структуру, наблюдаемую в горизонтальной плоскости, и столбчатую, волокнистую — в вертикальном разрезе; 2) зональное строение цветовых участков, а также большую прозрачность, полосчатость; слагающие их блоки создают эффект «шкуры ящерицы». Синтетические опалы отличаются от природных упаковкой частиц, которую можно установить при электронно-микроскопических исследованиях. Синтетические опалы выращивают и в СССР.

Малахит — $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. Прекрасного зеленого цвета с тонкослоистым рисунком малахит производится в СССР, Канаде и ряде других стран. Изделия из него уже стали соперничать с изделиями из природного малахита.

Получены и некоторые другие синтетические камни, применяемые в ювелирном деле (сподумен, шеелит и др.).

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. 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!».

ИМИТАЦИЯ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ ИЗ СТЕКЛА

Стекло — наиболее дешевый и распространенный заменитель драгоценных камней. В конце XVIII в. Штрасс предложил рецепт особого свинцового стекла — «страза», удачно заменяющего драгоценные камни. Состав его следующий: 38,2% кремнезема, 53% оксида свинца и 8,8% поташа. Кроме этого, в смесь добавляли буру, глицерин и мышьяковистую кислоту. Для страза характерна высокая дисперсия, он хорошо поддается огранке. Такое стекло первоначально использовалось для имитации бриллиантов; позже научились изготавливать цветные стразы. Для получения рубинового цвета в стеклянную массу добавляли 0,1% кассиевого порфира, сапфирового — 2,5% оксида кобальта, изумруд-

ного — 0,8% оксида меди и 0,02% оксида хрома. Были разработаны рецепты для получения имитации гранатов, аметистов, шпинели и др. 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. В таких камнях 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 формы 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 — творение природы, число их ограничено, обнаружить и добыть их — 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андерсон Б. У.* Определение драгоценных камней. М., Мир, 1983.
2. *Андреев Э. Д., Солодова Ю. П.* Включения в ювелирных камнях как типоморфные и диагностические признаки.— В кн.: Типоморфизм минералов. М., 1985, с. 30—36.
3. *Андреев В. Н.* Огранка самоцветов. М., изд. Росгазместпром, 1957.
4. *Ахметов С. Ф.* Искусственные кристаллы граната. М., Наука, 1982.
5. *Балицкий В. С., Лисицына Е. Е.* Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., Недра, 1981.
6. *Банк Г. В.* В мире самоцветов. М., Мир, 1979.
7. *Барсанов Г. П., Яковлева М. Е.* Минералогия яшм СССР. М., Наука, 1978.
8. *Барсанов Г. П., Яковлева М. Е.* Минералогия ювелирных разновидностей халцедона. М., Наука, 1985.
9. *Власов К. А., Кузюкова Е. И.* Изумрудные копи. М., изд-во АН СССР, 1960.
10. *Григорьев Д. П.* Малахит в Эрмитаже.— Природа, 1968, № 9, с. 22—25.
11. *Денискина Н. Д., Калинин Д. В., Казанцева Л. К.* Благородные опалы, их синтез и генезис в природе. Новосибирск, Наука, 1980.
12. *Диагностика природных и синтетических изумрудов/Б. Г. Гранадчикова, Э. Д. Андреев, Ю. П. Солодова и др.— Изв. высш. учеб. завед. Сер. Геология и разведка, 1983, № 10, с. 87—93.*
13. *Епифанов В. И., Песина А. Я., Зыков Л. В.* Технология обработки алмазов в бриллианты. М., Высш. школа, 1971.
14. *Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. Н.* Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1982.
15. *Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н.* Геология месторождений поделочных камней. М., Недра, 1983.
16. *Кораго А. А.* Речной жемчуг. Л., Недра, 1981.
17. *Кузьмин В. И., Добровольская Н. В., Солнцева Л. С.* Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. М., Недра, 1979.
18. *Куликов Б. Ф.* Словарь камней-самоцветов. Л., Недра, 1982.
19. *Марфуни А. С.* Полевые шпаты. Фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распространение. М., 1962. (Тр. ИГЕМ АН СССР).
20. *Менчикская Т. И.* Бирюза. М., Недра, 1981.
21. *Минералогия гидротермальных месторождений бериллия/Под ред. А. И. Гинзбурга.* М., Недра, 1976.
22. *Минералогия драгоценных и цветных поделочных камней/В. А. Галюк, Ю. П. Солодова, Б. Г. Гранадчикова, Э. Д. Андреев: Учебн. пособие.* М., изд. МГРИ, 1981.
23. *Минералогия и генезис камерных пегматитов Волыни, Львов/Е. Н. Лазаренко, В. И. Павлишин, В. Т. Латыш, Ю. Г. Сорокин.* Минск, Вища школа, 1973.
24. *Минералогия и кристаллофизика ювелирных разновидностей кремнезема/В. Г. Балакирев, Е. Я. Киевленко, Л. В. Никольская и др.* М., Недра, 1979.
25. *Минералы Узбекистана.* Т. 2. Ташкент, изд. ФАН УзССР, 1975.

26. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. М., Наука, 1974.
27. Петров В. П. Рассказы о поделочном камне. М., Наука, 1982.
28. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. М., Недра, 1984.
29. Пыляев М. И. Драгоценные камни и их свойства. СПб, 1896.
30. Руководство по диагностике ювелирных камней/Ю. П. Солодова, Б. Г. Гранадчикова, Э. Д. Андреевко, Н. И. Корнилов. М., изд. Финансы и статистика, 1981.
31. Савкевич С. С. Янтарь. Л., Недра, 1970.
32. Самсонов Я. П., Цветков Ю. Г. Мировой рынок цветных камней. М., 1982. Обзор. Серия «Экономика минер. сырья и геол.-разв. работ» (ВИЭМС).
33. Соболевский В. И. Замечательные минералы. М., Просвещение, 1983.
34. Сокровища Алмазного фонда СССР/Н. Я. Баулин, В. И. Долгов, В. А. Уваров и др. М., Изобразительное искусство, 1975.
35. Солодова Ю. П., Андреевко Э. Д., Гранадчикова Б. Г. Определи- тель ювелирных и поделочных камней. М., Недра, 1985.
36. Солодова Ю. П., Гранадчикова Б. Г., Андреевко Э. Д. Драгоцен- ные и поделочные камни. М., изд. МГРИ, 1984.
37. Сребродольский Б. И. Янтарь. М., Наука, 1984.
38. Сребродольский Б. И. Жемчуг. М., Наука, 1985.
39. Трофимов В. С. Янтарь. М., Недра, 1974.
40. Фекличев В. Г. Берилл. М., Наука, 1964.
41. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. М., изд-во АН СССР, 1954.
42. Ферсман А. Е. Избранные труды в 7 томах. Т. 7. Драгоценные и цветные камни СССР. М., изд-во АН СССР, 1962.
43. Цветные камни Украины/Ю. В. Семененко, Т. Н. Агафонов, И. С. Солоненко и др. Киев, Будьвельник, 1974.
44. Aram J. E. Color encyclopedia of Gemstones. New-York, Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
45. Darragh P. I. Volcanic Gem Opals — The Australian Gemmologist, 1969, N 11, p. 5—8.
46. Gubelin E. J. Internal World of demstones. Zurich, ABC Edition, 1974.
47. Liddicoat R. T., Jr. Handbook of Gem Identification, 5th ed. Los Angeles, Gemological Institute of America, 1972.
48. Schlossmacher K. Edelsteine und Perlen. Stuttgart, 1969.
49. Schumann W. Edelsteine und Schmucksteine. München, 1978.
50. Webster R. Gems: their Sources, descriptions and identification. London, Butterworths, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3	ГЛАВА V.	
ГЛАВА I.		Природные ювелир- ные камни	67
Ювелирные камни в прошлом и настоя- щем	6	Ювелирные камни неор- ганического происхожде- ния	67
История применения ювелирных камней	6	Алмаз	67
Из истории развития минералогии и гем- мологии	22	Корунд (ру- бины и сап- фиры)	86
ГЛАВА II.		Берилл	98
Классификация юве- лирных камней	30	Изумруд	101
ГЛАВА III.		Аквамарин	111
Методы диагностики ювелирных камней	38	Розовые и красные бериллы	115
ГЛАВА IV.		Желтые и золотис- тые берил- лы	117
Методы и техника обработки ювелир- ных камней	53	Бесцветные бериллы	118
		Хризоберилл	119

Опал . . .	122	глаз. Соко-	
Гранаты .	124	линый	
Пироп .	125	глаз . .	190
Альмандин	130	Халцедон	191
Спессар-		Яшма .	199
тин . . .	132	Лазурит . .	204
Уваровит	133	Жадеит . .	207
Гроссуляр	133	Нефрит . .	210
Андрадит	136	Малахит . .	214
Шпинель .	139	Чароит . .	216
Топаз . . .	143	Родонит . .	218
Турмалин .	153	Гематит . .	220
Полевые		Фенакит .	221
шпаты . .	158	Эвклаз . .	222
Циркон .	163	Кианит . .	224
Хризолит .	166	Клиногумит	226
Бирюза .	168	Цоизит. Эпи-	
Сподумен	174	дот	226
Диопсид.		Бенитоит .	228
Хромдиоп-		Кордиерит	229
сид	176	Скаполит .	230
Кварц . .	178	Родохрозит	232
Горный		Апатит . .	233
хрусталь	182	Бразилианит	235
Аметист	182	Гердерит .	235
Дымчатый		Церулеит .	236
кварц и		Сингалит .	237
морион	185	Еремеевит	237
Цитрин .	186	Ювелирные	
Празиолит	187	камни орга-	
Розовый		нического	
кварц . .	188	происхожде-	
Авантюрин	189	ния	238
Празем	190	Янтарь . .	238
Кошачий		Жемчуг . .	246
глаз. Тиг-		Кораллы .	254
ровый		Гагат . . .	256

ГЛАВА VI.

Синтетические юве-
лирные камни . . . 258

Основные ме-
тоды выра-
щивания син-
тетических
камней 259

Синтетичес-
кие камни . 262

Имитация
драгоценных
камней из
стекла . . 276

Список литературы 279

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Никита Иванович Корнилов
Юлия Петровна Солодова**

ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Редакторы издательства **Л. С. Дмитриева, Т. П. Мыскина**

Переплет художника **А. С. Андреева**

Художественные редакторы **В. В. Евдокимов, Г. Н. Юрчевская**

Технический редактор **Е. С. Сычева**

Корректор **Г. Г. Большова**

ИБ № 6783

Сдано в набор 17.01.86. Подписано в печать 19.11.86.

Т-14236. Формат 84×108¹/₃₂.

Бумага книжно-журнальная и мелованная.

Гарнитура Таймс. Печать высокая и офсетная.

Усл. печ. л. 16,80 с вкл. Усл. кр.-отт. 21,84 с вкл. Уч.-изд. л. 16,80 с вкл.
Тираж 275 000 экз. (2-й завод 150 001—275 000 экз.) Заказ 9/968—2. Цена 1 р. 50 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»;
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Диапозитивы изготовлены в типографии ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
МПО Первой Образцовой типографии. им. А. А. Жданова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
113054, Москва, Валовая, 28.

Отпечатано в Ленинградской типографии № 6
ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

**В издательстве «Недра» готовятся к печати
и выйдут в свет новые книги**

БЕКМУХАМЕТОВ А. Е.

Магматогенные железорудные формации.

М.: Недра. 16 л. 2 р. 40 к.

Рассмотрена комплексная фациально-формационно-генетическая классификация магматогенных железорудных месторождений, проведена типизация железорудных зон по составу, пространственно-хронологическому и тектоническому положению металлогенических формаций, установлена закономерность проявления формационных особенностей магматогенных месторождений. Упорядочено стереометаллогеническое размещение магматогенных месторождений по латеральным и вертикальным рядам магматогенных железорудных формаций на примере месторождений Казахстана, Урала, Сибири и важнейших горнорудных регионов мира, разработана геологическая основа количественной оценки и прогнозирования магматогенных железных руд.

Для научных работников, занимающихся региональной металлогенией, геологией рудных месторождений, петрографией и минералогией.

План 1987 г. № 93.

МЕТОДИЧЕСКИЕ основы прогноза и поисков свинцово-цинковых месторождений

Горжевский Д. И., Курбанов Н. К., Филатов Е. И. и др.

М.: Недра.—18 л.—1 р. 10 к.

На основе исследований закономерностей размещения и обобщения передового отечественного и зарубежного опыта прогнозирования и поисков рассмотрены прогнозно-поисковые комплексы для ведущих геолого-промышленных типов свинцово-цинковых месторождений. Месторождения типизированы по обстановкам нахождения, условиям прогноза, поисков и оценки. Прогнозно-поисковые критерии и признаки проанализированы для широкого спектра типов металлогенических зон, рудных районов, полей и месторождений. Рассмотрены рациональные сочетания методов для всех стадий геологоразведочного процесса, а также оптимальные прогнозно-поисковые комплексы, созданные на основе системного подхода.

Для геологов, геофизиков, геохимиков производственных и научных организаций.

План 1987 г. № 124.

Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта

Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Лихачев А. П. и др.
М.: Недра. 19 л. 1 р. 50 к.

На основе формационных подходов специальной металлогении, анализа закономерностей размещения и обобщения опыта прогноза и поисков скрытых месторождений меди, никеля и кобальта известных и новых геолого-промышленных типов разработаны принципы и методы их прогноза. С учетом условий ведения прогнозных и поисковых работ определено эффективное сочетание различных методов с созданием рациональных прогнозно-поисковых комплексов. Рассмотрены методика глубинного объемного картирования и требования к содержаниям прогнозных карт различных масштабов. Предложены методы определения и количественной оценки прогнозных ресурсов различных категорий.

Для геологов, геофизиков, геохимиков, занимающихся поисками, разведкой и оценкой рудных месторождений.

План 1987 г. № 131.

СЕЧЕВИЦА А. М.

Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудных месторождениях.

М., Недра. 11 л. 55 к.

Предложена геолого-промышленная группировка попутных полезных ископаемых. Проанализированы предпосылки комплексного использования сырья. Сформулированы основные особенности разведки, принципы и критерии оценки различных групп попутных полезных ископаемых. Рассмотрены практические приемы калькулирования затрат и методика обоснования кондиций для комплексных руд, методы подсчета запасов попутных полезных ископаемых и способы учета экономического эффекта комплексного использования минерального сырья. Изложены вопросы расчета и планирования показателей уровня комплексного использования сырья, проблемы охраны недр и окружающей среды.

Для специалистов, занимающихся разведкой и оценкой комплексных рудных месторождений.

План 1987 г. № 137.

**Интересующие Вас книги
можно приобрести или заказать
в магазинах книготорга,
распространяющих научно-
техническую литературу,
и в магазинах — опорных пунктах
издательства «Недра»,
адреса которых приведены
в аннотированном плане,
а также через отдел
«Книга — почтой»
(г. Ленинград, магазин № 17).**

Адреса центральных магазинов:

**№ 115—117334, Москва,
Ленинский проспект, 40.
Дом научно-технической книги;**

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



Рис. 1. Камень Гонзага. Трехслойный оникс



Рис. 2. Инталия «Марс и Беллона». У. и Ч. Брауны. Светло-красный сердолик. Размер 3,6×3 см



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



Рис. 4. Образок-камень. Византийские мастера. Агат, драгоценные камни. XI—XII вв.



Рис. 5. «Шапка Казанская». Золото, топаз, альмандин, бирюза, жемчуг и др. 1562 г.



Рис. 6. «Большой наряд». П. Алейдарх, Е. Ардинов, И. Аренс и др.
1627—1628 гг.



Рис. 7. Корона Анны Иоановны. Бриллианты, турмалин и др. 1730 г.

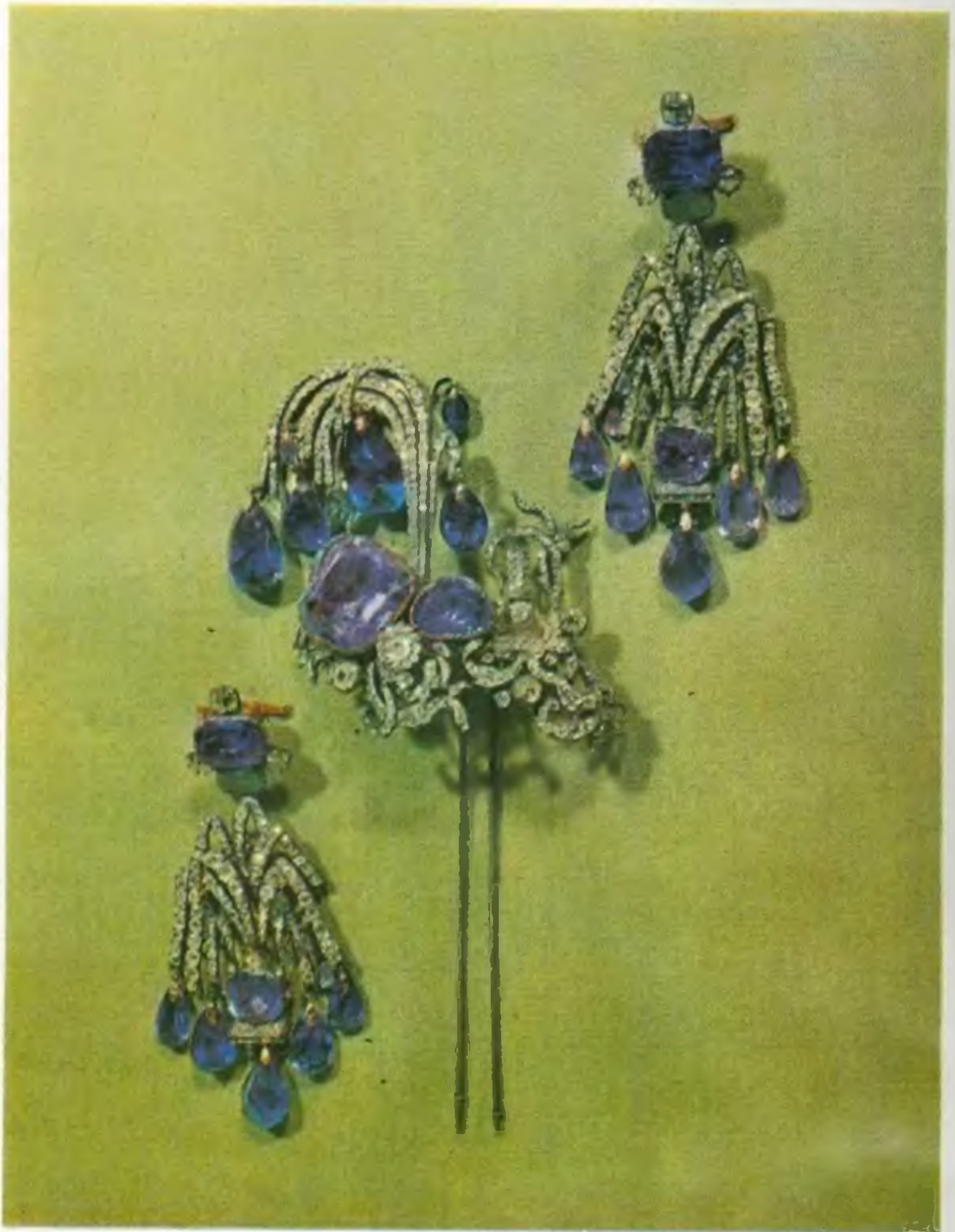


Рис. 8. Эгрет «Фонтан», серьги в виде каскада. Сапфиры. 1750 г.



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.

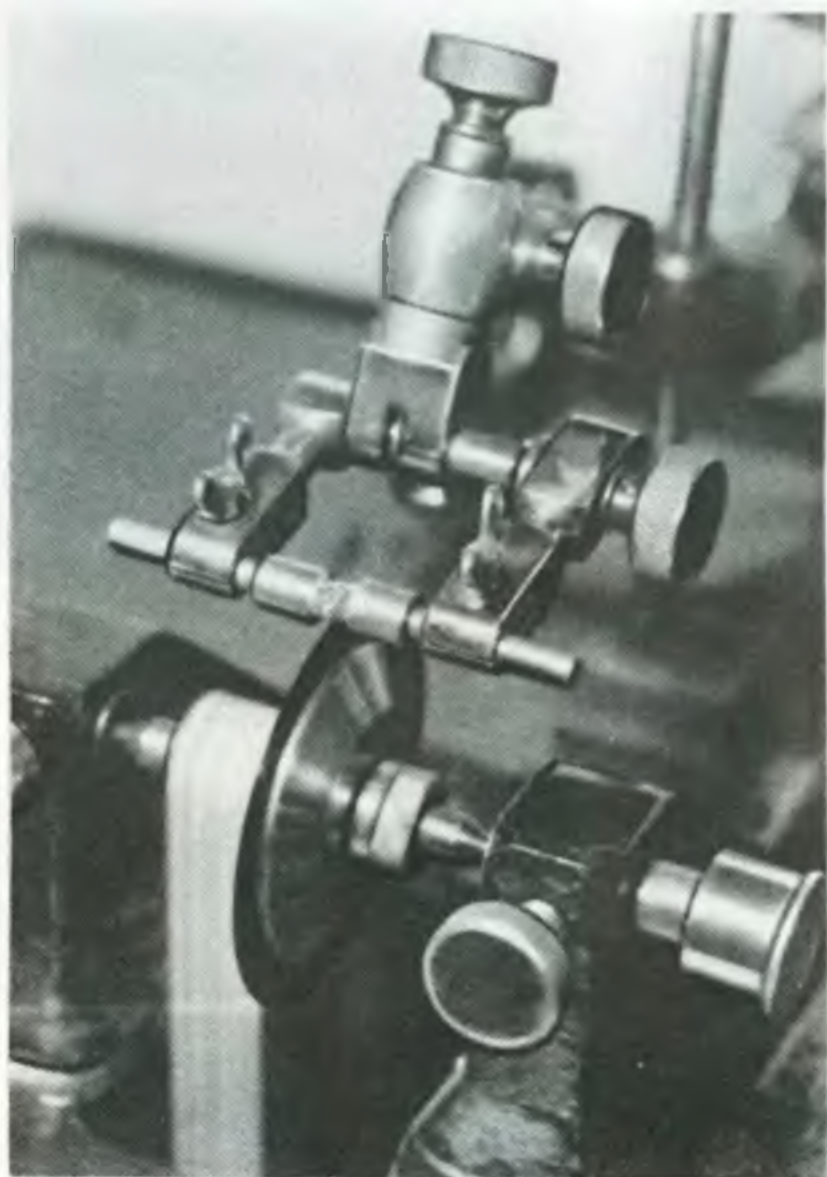


Рис. 13. Распиливание алмаза



Рис. 14. Кристаллы алмазов кривогранной формы

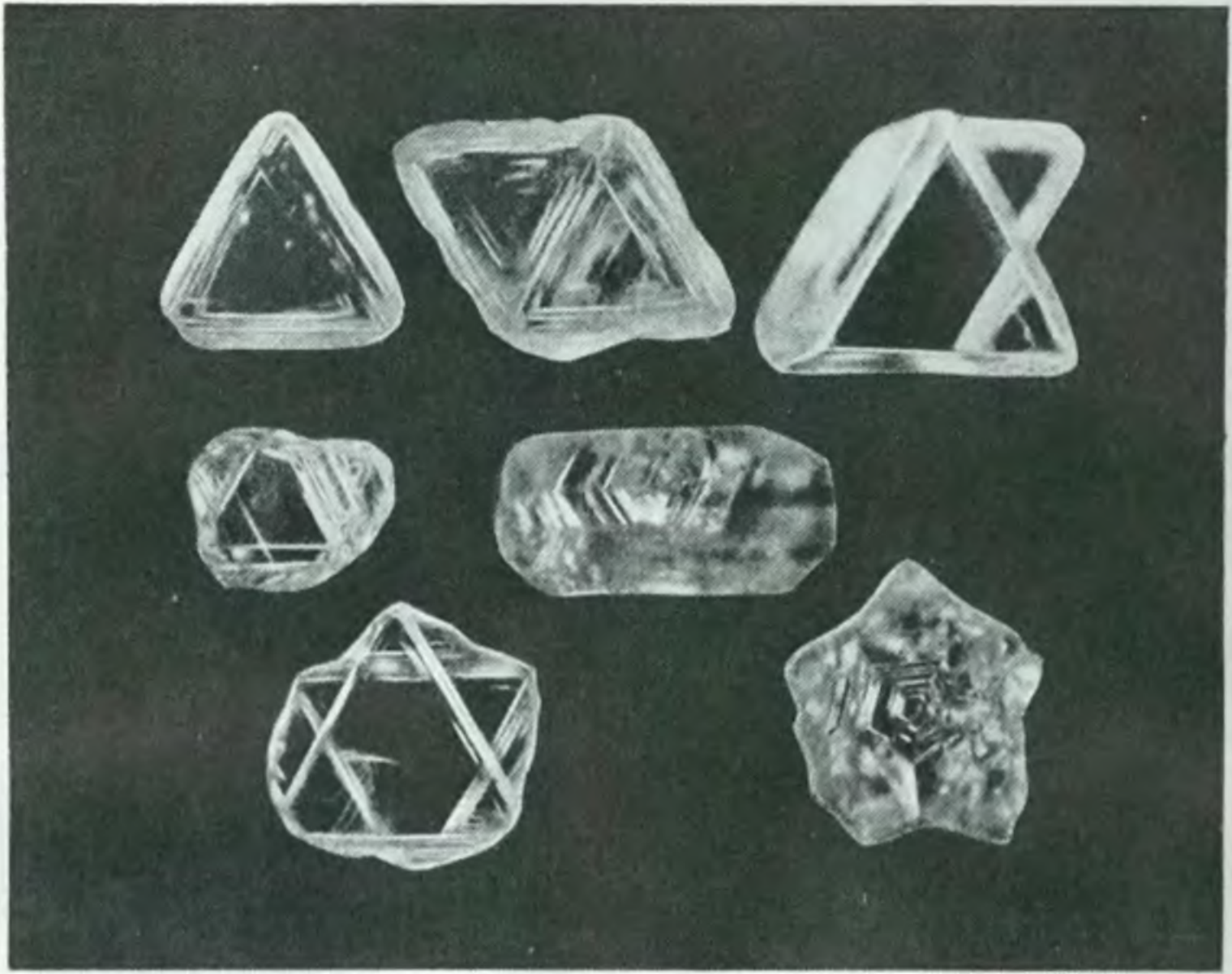


Рис. 15. Двойники срастания кристаллов алмаза

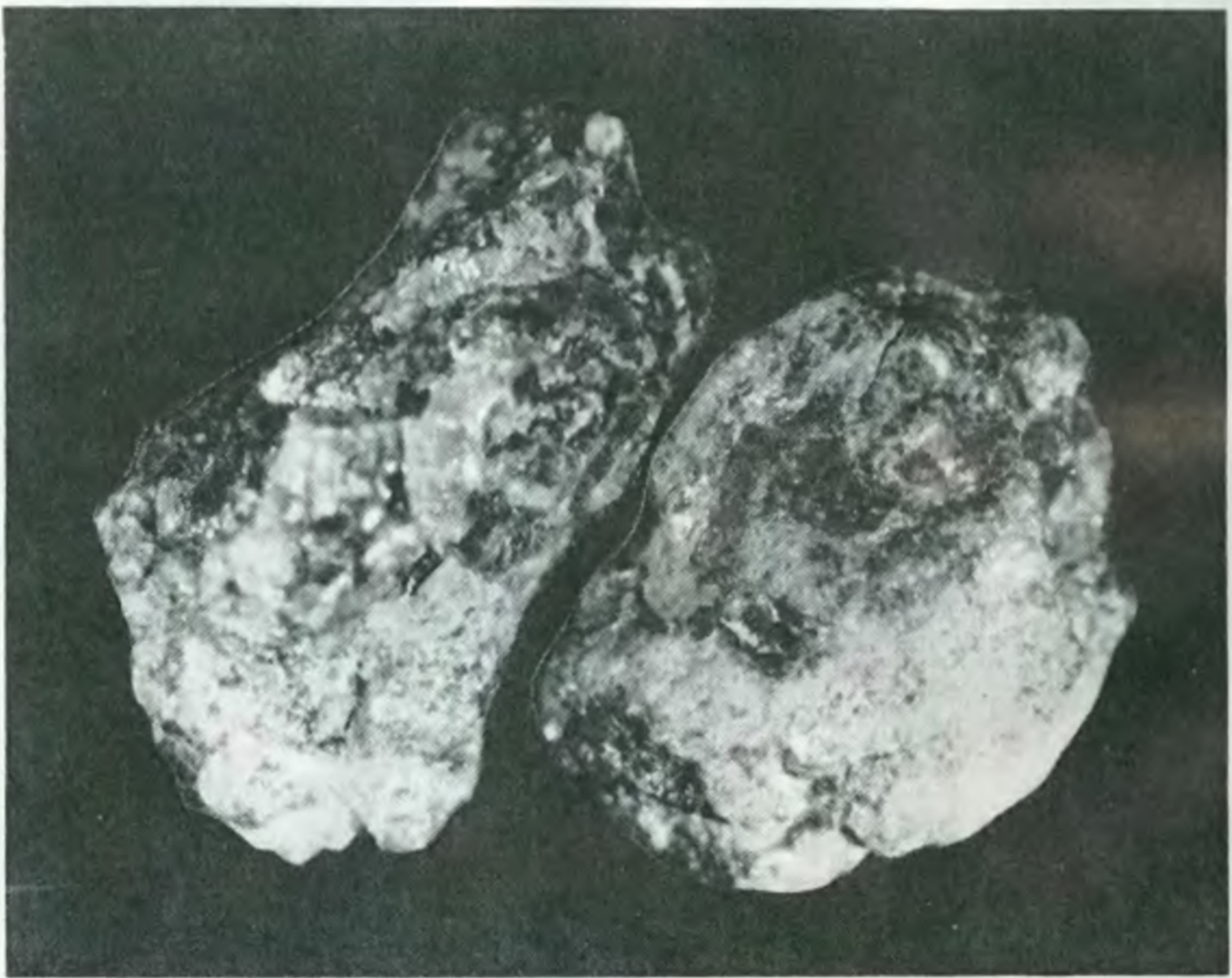


Рис. 16. Борт

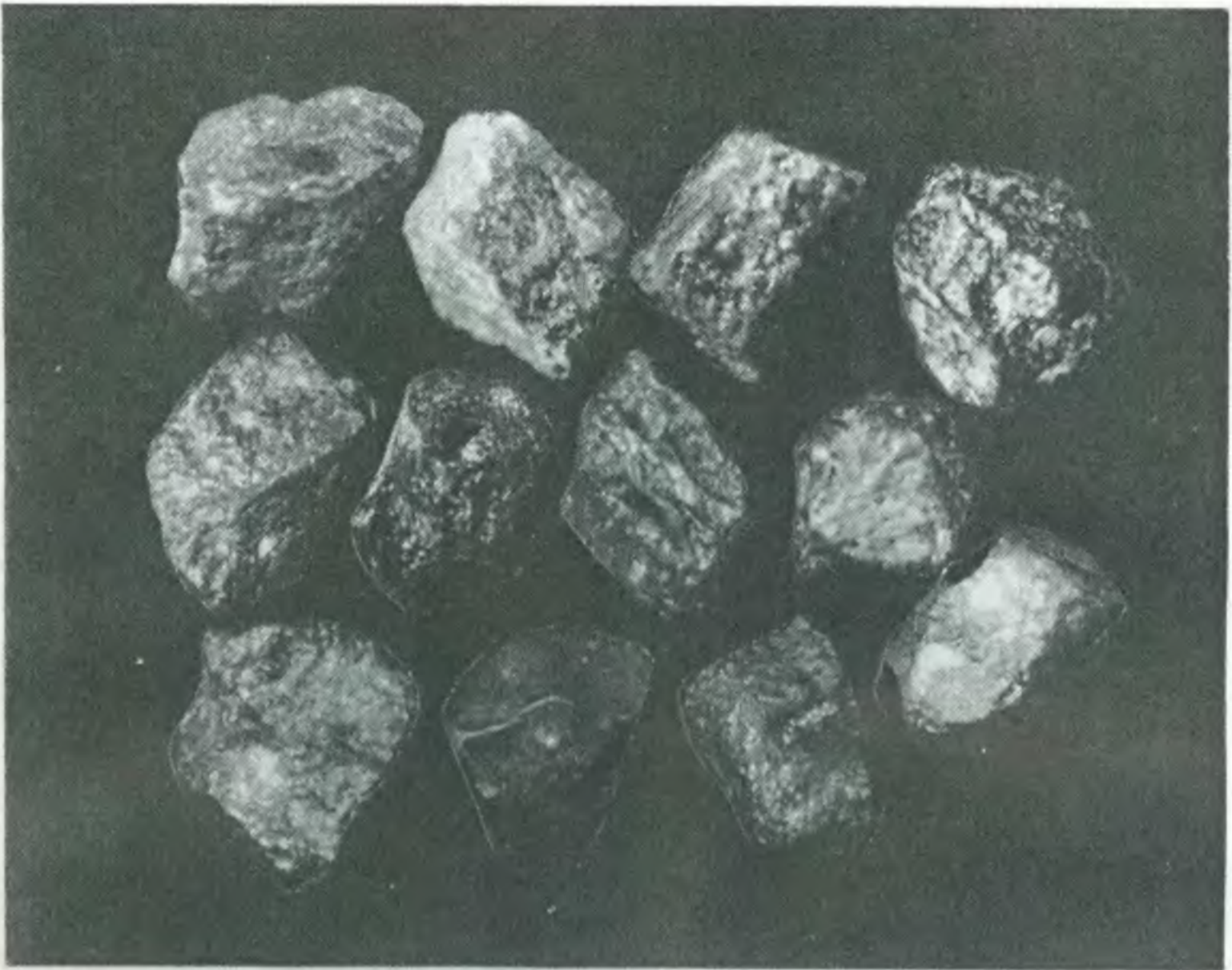


Рис. 17. Карбонадо

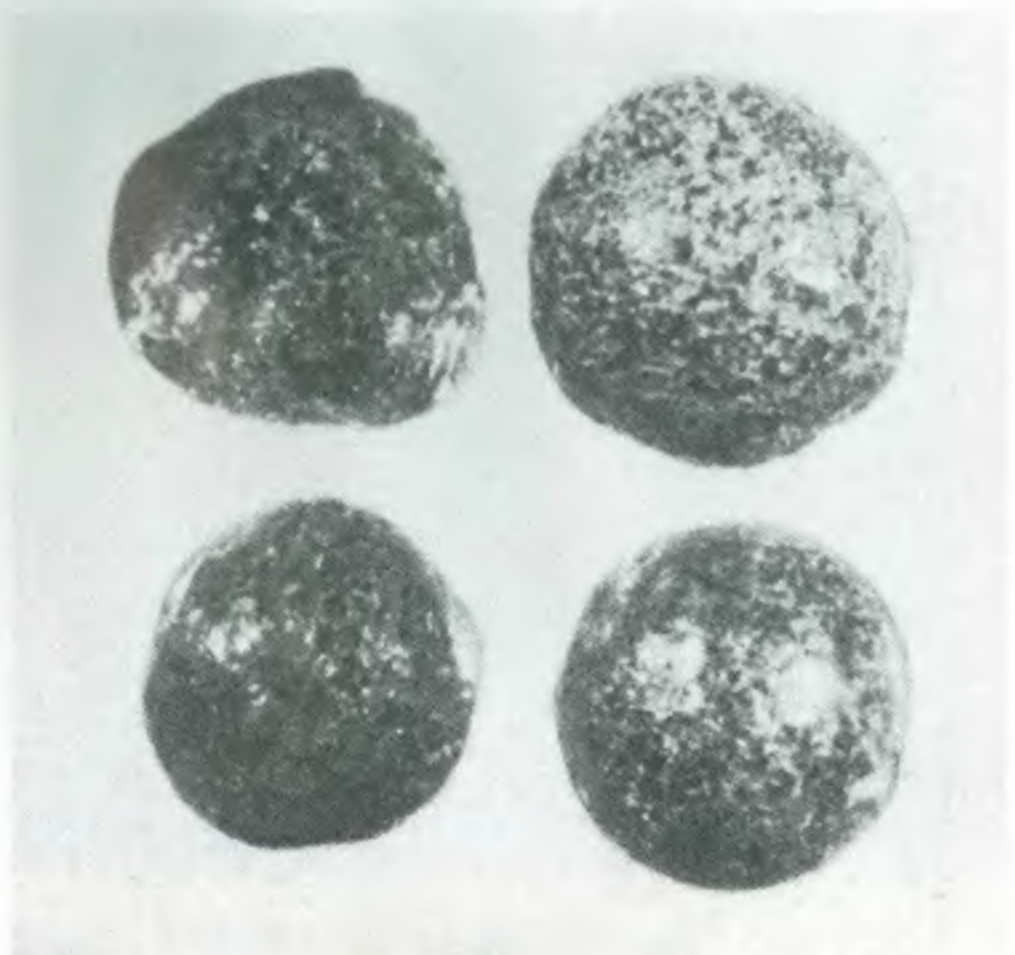


Рис. 18. Балласы



Рис. 19. Алмазы синего и розового цвета



Рис. 20. Бериллы



Рис. 21. Изумруд в породе



Рис. 22. Аквамарины



Рис. 23. Кристаллы александрита: слева — при дневном освещении;

Рис. 24. Кахолонг



справа (на развороте) — при вечернем



Рис. 25. Гранаты



Рис. 26. Шпинель красная



Рис. 27. Орден «Золотое руно» с топазами



Рис. 28. Топазы



Рис. 29. Турмалины



Рис. 30. Подвеска из турмалина — «Большой рубин»



Рис. 31. Полевые шпаты (солнечный и лунный камень, амазонит)



Рис. 32. Цирконы



Рис. 33. Ювелирные изделия с хризолитом



Рис. 34. Бирюза



Рис. 35. Диопсид (слева), крокидолит (в центре), хромдиопсид (справа в верхнем ряду), кунцит (справа в нижнем ряду)



Рис. 36. Ювелирные разновидности кварца



Рис. 37. Халцедон и его разновидности



Рис. 38. Агаты



Рис. 39. Яшмы:

верхний ряд — орская (месторождение Западное), ревневская (алтайская);
 средний ряд — калканская, орская (г. Полковник), аушкульская (Урал),
 иджеванская (Армения); нижний ряд — старомуйнаковская (сургучная),
 орская (месторождение Анастасьевское), риддерская (алтайская)



Рис. 40. Лазурит



Рис. 41. Жадент



Рис. 42. Нефрит



Рис. 43. Малахит

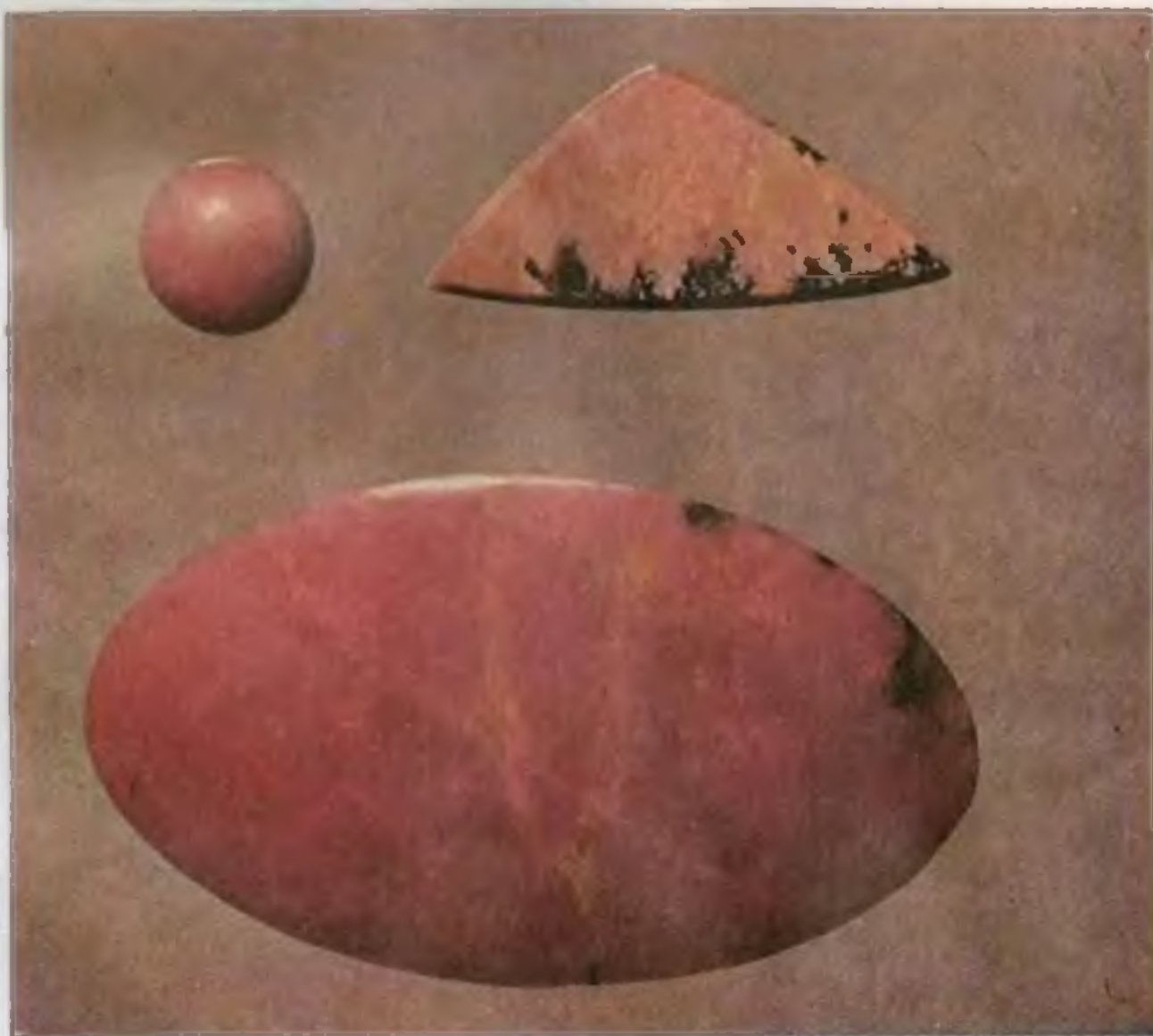


Рис. 44. Родонит



Рис. 45. Янтарь



Рис. 46. Уникальный образец янтаря



Рис. 47. Колъе с жемчугом



Рис. 48. Синтетическая шпинель



Рис. 49. Фианит