

Ю. П. СОЛОДОВА,
Э. Д. АНДРЕЕНКО,
Б. Г. ГРАНАДЧИКОВА

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ



Ю.П.СОЛОДОВА,
Э.Д.АНДРЕЕНКО,
Б.Г.ГРАНАДЧИКОВА

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ

Справочник

4440



МОСКВА „НЕДРА“ 1985



ББК 26.325.2

С60

УДК 549.08 : 553.8

Ю. П. Солодова, канд. геол.-мин. наук, Э. Д. Андреевко, Б. Г. Гранадчикова, канд. геол.-мин. наук.

Рецензент: И. В. Давиденко, д-р геол.-мин. наук (Министерство геологии СССР)

С 60 Солодова Ю. П., Андреевко Э. Д., Гранадчикова Б. Г.
Определитель ювелирных и поделочных камней:
Справочник/— М.: Недра, 1985. — 223 с., ил.

Приведено описание и охарактеризованы методы определения ювелирных и поделочных камней. Даны диагностические таблицы минералов. В них включены как традиционные ювелирные и поделочные камни (алмаз, изумруд, рубин, сапфир, гранаты, топаз, турмалин, кварц и др.), так и новые (скаполит, апатит и др.), а также синтетические аналоги и имитации природных камней, применяемые в ювелирном деле. Определитель построен на диагностике физических свойств минералов: цвета, прозрачности, твердости, спайности и др.

Для геммологов, минералогов, геологов и других специалистов, занимающихся изучением, оценкой, обогащением и обработкой ювелирных и поделочных камней. Представляет также интерес для широкого круга любителей камня.

Табл. 3, ил. 34, список лит. — 50 назв.

С $\frac{1904020000-067}{043(01)-85}$ 59—84

ББК 26.325.2

553

Определение ювелирных и поделочных камней является весьма сложным делом. Оно требует не только знания минералогии, но и большого опыта и внимания и является в какой-то мере искусством. Хорошо известны специалисты, которые, казалось бы, по каким-то одним им известным признакам определяют ювелирные камни — по ощущению тепла или холода, исходящих от них, форме капли жидкости на их поверхности, наличию «искр», оттенкам цвета и т. д. В действительности эти признаки основываются на определенных физических свойствах: теплопроводности, смачиваемости, показателях преломления, природе окраски и др.

В настоящее время на помощь геммологам — специалистам по ювелирным камням — пришла современная наука Арсенал средств, применяемых при распознавании ювелирных камней, значительно расширился. Теперь диагностика производится не только традиционными методами, но и с помощью новейшей специальной аппаратуры. В СССР геммологов готовят в Московском геологоразведочном институте им. Серго Орджоникидзе и на специальных курсах повышения квалификации.

При написании данной книги авторы прежде всего использовали собственный опыт, накопленный в процессе практической и научной работы в Центральной научно-исследовательской лаборатории Министерства финансов СССР и на кафедре минералогии и геохимии Московского геологоразведочного института им. Серго Орджоникидзе. Эти исследования были начаты в начале 60-х годов под руководством замечательного минералога Юрия Леонидовича Орлова.

Цель настоящего определителя — облегчить диагностику обработанных и находящихся в изделиях ювелирных и поделочных камней на основании физических свойств, наиболее легко и быстро определяемых визуально и с помощью специальной аппаратуры. Он построен таким образом, чтобы читатель сначала ознакомился с основными свойствами ювелирных камней, а также с методами их определения и аппаратурой, выбор которых зависит от конкретной номенклатуры камней, вида огранки и особенностей оправы. Затем дается описание ювелирных камней: минералов, органогенных и синтетических камней. Природные минералы расположены по классам в соответствии с общепринятой минералогической систематикой, в основу которой положены кристаллохимические принципы. При описании камней основное внимание уделяется их свойствам, а также особенностям их диагностики.

Из поделочных камней в Определителе описаны только те, которые являются минералами. Используемые в качестве поделочных камней горные породы, особенно полиминеральные, требующие применения специальных методов диагностики, связанных с разрушением материала, не рассматриваются.

В заключительной части книги приводится таблица для определения обработанных ювелирных камней, основанная на визуальных диагностических признаках и свойствах, устанавливаемых инструментальными методами.

В своей работе авторы использовали результаты исследований А. Е. Ферсмана, Г. П. Барсанова, Ю. Л. Орлова, Д. П. Григорьева, А. И. Гинзбурга, Е. Я. Киевленко, А. С. Марфунина, А. Н. Платонова, М. И. Самойловича, М. Е. Яковлевой, С. С. Савкевича, В. С. Трофимова, В. П. Петрова, В. И. Кузьмина, Л. В. Бершова, В. А. Корнетовой, Е. К. Лазаренко, Е. И. Семенова, В. Г. Фекличева, Г. Н. Вертушкова, В. С. Балицкого, сотрудников объединения Союзкварцсамоцветы, а также ряда зарубежных геммологов — Р. Вебстера, Б. Андерсона, Е. Гюбелина, А. Н. Винчелла, К. Шлосмахера, В. Шумана, М. Флейшера, И. Н. Костова и др.

Авторы благодарны докторам геолого-минералогических наук Е. Я. Киевленко и Д. А. Минееву за ценные замечания и советы, которые способствовали улучшению настоящей работы.

СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОПРЕДЕЛИТЕЛЕ

австр. — австрийский
амер. — американский
англ. — английский
анизотр. — анизотропный
араб. — арабский
арм. — армянский
бл. — блеск
браз. — бразильский
ГГГ — галлий-гадолиниевый гранат
гекс. с. — гексагональная сингония
ГЖВ — газово-жидкие включения
ГИА — Геммологический институт Америки
греч. — греческий
департ. — департамент
дисперсия — дисперсия показателей преломления
дихр. — дихроизм
древнегреч. — древнегреческий
ИАГ — иттрий-алюминиевый гранат
изл. — излишний
изотр. — изотропный
ИК — инфракрасный
инд. — индийский
исп. — испанский
итал. — итальянский
кар. — карат
кл. симм. — класс симметрии
коллекц. — коллекционный
коммерч. — коммерческий
куб. с. — кубическая сингония
лат. — латинский
л. абс. — линии абсорбции
лит. — литовский
мавр. — мавританский
местор. — месторождение
монг. — монгольский
мон. с. — моноклинная сингония
назв. — назван(ие)
нем. — немецкий

перс. — персидский
плеохр. — плеохроизм
пл. — плотность
пр. гр. — пространственная группа
пров. — провинция
разнов. — разновидность
ромб. с. — ромбическая сингония
рус. — русский
сакс. — саксонский
санскр. — санскритский
син. — синоним
синт. — синтетический
сп. — спайность
стр. — структура
тв. — твердость
тетр. с. — тетрагональная сингония
триг. с. — тригональная сингония
трикл. с. — триклинная сингония
устар. — устаревший
УФ — ультрафиолетовый
фин. — финский
франц. — французский
хим. — химический
шт. — штат
ЭПР — электронно-парамагнитный резонанс
ЯМР — ядерный магнитный резонанс
 $a_0, b_0, c_0, \alpha, \beta, \gamma$ — параметры элементарной ячейки
 L_3 — ось симметрии третьего порядка
 $n_o, n_e, n_g, n_m, n_r, n$ — показатели преломления
 $n_g - n_r$ — сила двупреломления
 N_o и N_e — направления колебаний обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле соответственно
 Z — число формульных единиц в элементарной ячейке
 $2Y$ — угол оптических осей

ВВЕДЕНИЕ

В качестве ювелирных и поделочных камней используется большое количество минералов, горных пород, твердых образований органического происхождения, а также синтетических веществ.

Одни минералы применяются издавна и широко известны; это традиционные ювелирные камни: алмаз, изумруд, аквамарин, сапфир, рубин, шпинель, гранаты, хризоберилл, разновидности кварца, турмалина и др. Другие минералы были открыты недавно, но уже прочно утвердились в качестве ювелирного и поделочного материала; к ним относятся, например, танзанит, чароит, бразилианит и др. Кроме того, за последние десятилетия, благодаря возросшему интересу к миру камней, у целого ряда минералов, ранее не использовавшихся в ювелирном деле, были обнаружены разновидности, обладающие прозрачностью, красивым цветом, иризацией, астеризмом или эффектом кошачьего глаза. Эти так называемые нетрадиционные ювелирные камни — скаполит, апатит, гемиморфит, гердерит, еремеевит и др. — стали с успехом использоваться ювелирами.

Истинно драгоценными считают камни, которые обладают тремя основными качествами: красотой, долговечностью и редкой встречаемостью в природе. Красоту камня определяют яркость окраски, сильный блеск и «игра», долговечность обеспечивается химической инертностью и прочностью.

Широко применяются в ювелирном деле синтетические камни, их можно получить практически в любом количестве любых требуемых размеров и цветов. Они обладают двумя основными качествами драгоценных камней — красотой и долговечностью, но не имеют третьего, чем и определяется их более низкая стоимость, чем природных.

Некоторые искусственно выращенные камни являются аналогами природных и обладают теми же физическими свойствами. Поэтому при диагностике недостаточно определить только вид камня, необходимо указать его происхождение, т. е. является ли он природным или творением рук человеческих. Это объясняется тем, что стоимость некоторых природных и синтетических камней отличается в десятки и даже сотни раз. Другие синтетические вещества не имеют природных аналогов и применяются как самостоятельные ювелирные камни (например, фианит) или как имитации природных камней (например, фабулит).

Диагностика ювелирных камней усложняется и тем, что стремление расширить число красиво окрашенных камней привело к искусственному окрашиванию последних путем облучения, термической или химической обработки. Облагороженные ювелирные камни не могут оцениваться так же, как природные

с естественной окраской, и поэтому очень важно уметь их распознавать, что порой представляет значительные трудности.

К ювелирным камням относятся и такие органические образования, как жемчуг, янтарь, коралл, гагат. Их диагностика осложнена наличием различных имитаций. При определении жемчуга важно выявить его происхождение — является ли он природным или искусственно выращенным, а также морским или пресноводным (речным или озерным). При определении янтаря сложность состоит в распознавании его типа: собственно ли это янтарь — сукцинит или какая-либо другая из природных смол, а также в необходимости отличать природный янтарь от прессованного и плавленого. Идентификация кораллов в последнее время также стала вызывать некоторые затруднения в связи с появлением на мировом рынке искусственно полученных кораллов различного цвета.

Наконец, следует иметь в виду, что с глубокой древности в качестве имитаций ювелирных камней применяются стекла — стразы и эмали. Наряду с этим в настоящее время для изготовления дешевой бижутерии используются всевозможные пластмассы, смолы и другие материалы. Определенные трудности возникают и в связи с применением составных (склеенных) камней — дублетов, триплетов. При этом природные высококачественные камни сочетаются с низкокачественными того же минерального вида, различные природные камни — с синтетическими или стеклами и т. д.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ

Определение механических свойств

Твердость и хрупкость. Одним из важнейших диагностических свойств ювелирных и поделочных камней является твердость — способность минерала сопротивляться внешнему механическому воздействию. Существует много различных методов определения твердости. В геммологии, как и в минералогии, относительная твердость камня определяется по шкале, предложенной в 1822 г. Ф. Моосом. Эта шкала состоит из 10 минералов-эталонов, твердость которых последовательно увеличивается: тальк — 1, гипс — 2, кальцит — 3, флюорит — 4, апатит — 5, ортоклаз — 6, кварц — 7, топаз — 8, корунд — 9, алмаз — 10. Метод основан на способности твердых минералов оставлять царапину на поверхности менее твердых образований. Минералы-эталоны могут представлять собой осколки минералов неправильной формы, желательно с небольшим ровным участком на поверхности, по которому было бы удобно царапать. Имеются специально изготовленные карандаши твердости — металлические стержни, в которых закреплены осколки минералов-эталонов с острыми кромками.

Определение твердости ювелирных и поделочных камней, чтобы не испортить их вид, рекомендуется проводить под микроскопом двумя способами: 1) осторожно царапать рундистом камня по ровным участкам минерала-эталона, начиная с более мягких; 2) осторожно, без большого нажима, царапать по рундисту ограненного камня карандашами твердости, начиная с эталона, имеющего твердость меньше, чем предполагаемая твердость камня. Если эталон не оставил царапины (камень тверже эталона), нужно взять эталон большей твердости. Если эталон оставил глубокую царапину, что весьма нежелательно (камень гораздо мягче эталона), надо взять эталон с меньшей твердостью. Если эталон оставил на камне чуть заметную царапину, то твердость камня несколько меньше или твердость эталона и камня отличается незначительно. Это проверяют более мягким эталоном. Для получения надежных результатов необходимо применять оба вышеописанных способа определения твердости. При работе с карандашами твердости надо стремиться, чтобы размер царапин был минимальным.

Кроме того, существуют методы определения твердости, основанные на вдавливании алмазного конуса (по Роквеллу), металлического шарика (по Бринеллю) или алмазной пирамидки (по Виккерсу). Твердость в этих случаях устанавливается по отношению величины давления к площади отпечатка. В 30-е

годы был разработан и внедрен в минералогию метод определения микротвердости минералов на приборах ПМТ-3, основанный на измерении отпечатка алмазной (ромбической, четырех- или трехгранной) пирамидки, свободно опускаемой на поверхность исследуемого минерала под определенной нагрузкой. Величину микротвердости минерала H (в кг/мм²) определяют по формуле, предложенной для четырехгранной пирамидки М. М. Хрущевым и Е. С. Берковичем: $H = 1854 P/d^2$, где P — нагрузка, г, d — длина диагонали отпечатка, мкм. Метод удобен и перспективен для диагностики ювелирных и поделочных камней [35].

Твердость является характерным свойством каждого минерала. При этом многим минералам присуща анизотропия твердости: полярная, зависящая от направления в пределах одной плоскости (грани), и ретикулярная, связанная с ретикулярной (атомной) плотностью грани кристалла, изменяющаяся на различных гранях или параллельных им сечениях [31]. Степень анизотропии твердости можно вычислить по формуле: $K_H = H_{\max}/H_{\min}$, где K_H — коэффициент анизотропии твердости, H_{\max} и H_{\min} — максимальное и минимальное значения микротвердости минерала.

При внешнем воздействии силы на камень проявляется и другое его механическое свойство — хрупкость. Хрупкость можно выявить, например, царапая острием ножа по поверхности минерала. При этом на ковких минералах остается блестящий след, хрупкие, с меньшей твердостью, крошатся, и следы могут носить различный характер: порошокватый у янтаря, раковистый у стекла и т. д. Различной может быть хрупкость у монокристалла и агрегата. Так, и алмаз, и кварц обладают хрупкостью, в то же время хрупкость их скрытокристаллических разновидностей — карбонадо и халцедона — значительно ниже.

Величину хрупкости можно определить на приборе ПМТ-3. Она устанавливается по появлению трещин в минерале под воздействием нагрузки. Нагрузка, при которой появляется первая видимая трещина, называется числом хрупкости.

Спайность, излом, отдельность. Спайностью называют свойство минералов раскалываться под действием механических сил по определенным кристаллографическим направлениям, параллельным действительным или возможным граням. Это объясняется правилом Бравэ, согласно которому спайность проходит параллельно плоским сеткам с максимальной ретикулярной плотностью, наиболее слабо связанным между собой.

Степень совершенства проявления спайности различных минералов и даже одного минерала в различных направлениях различна. Она, согласно Х. Винклеру, при одинаковом общем числе связей между плоскими сетками определяется числом таких связей, приходящихся на единицу площади 0,1 нм².

В минералогии принята следующая шкала степени совершенства спайности: весьма совершенная — минерал раскалывается на тонкие слои, получить излом не по плоскости спайности весьма трудно; совершенная — минерал раскалывается по ровным плоскостям; ясная или средняя — минерал раскалывается как по ровным, так и по неровным поверхностям; несовершенная — минерал раскалывается по неровным поверхностям; весьма несовершенная, т. е. практически отсутствует, — минерал раскалывается по любым произвольным направлениям.

По характеру поверхности раскалывания различают следующие виды излома: ровный, ступенчатый, неровный, раковистый (конхоидалный), занозистый. Ровный излом проходит по плоскостям спайности. Ступенчатый излом наблюдается у минералов с совершенной спайностью. Неровный и раковистый излом получается при раскалывании минералов с несовершенной спайностью. Раковистый излом напоминает раковину. Занозистый излом наблюдается у минералов с волокнистым строением. Он напоминает излом древесины поперек волокнистости.

В минералах может наблюдаться также отдельность. Поверхности отдельности обычно не являются строго плоскими. Обычно они ориентированы в одном направлении. Появление отдельности связывают с различными явлениями: двойникованием, наличием блоков примесей, закономерно ориентированных в структуре, и т. д.

В обработанных ювелирных и поделочных камнях плоскости спайности или отдельности можно обнаружить под микроскопом в дефектах полировки или в виде параллельных трещинок.

Определение оптических свойств

Наиболее важными, в значительной степени определяющими эстетические достоинства ювелирных камней, являются такие их свойства как прозрачность, цвет, блеск, дисперсия показателей преломления (игра). Велика роль этих оптических свойств и при идентификации ювелирных камней.

Прозрачность. Световой луч, проходя через минерал, частично им поглощается. Величина поглощения обусловлена длиной волны света, а также структурой, химическим составом вещества, наличием в нем примесей, различных дефектов, агрегатным состоянием и т. д.

Степень поглощения лучей определяет прозрачность вещества. Минералы разделяют на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие в тонких сколах и непрозрачные. Прозрачность минерала определяется путем просмотра его напросвет, а также количественно-спектроскопическими методами в различных (ИК, УФ, видимый) диапазонах спектра с помощью спектрографов и спектрофотометров.

Цвет. Окраска ювелирных и поделочных камней является одним из ведущих свойств, определяющих их ценность,

одновременно это и диагностический признак. Для характеристики окраски ювелирных камней А. Е. Ферсман предложил различать: 1) цвет-оттенок — точное определение цвета, который обычно сравнивается с окраской наиболее известных предметов или веществ и обозначается двойным названием, включающим цвет и оттенок (например, травяно-зеленый, золотисто-желтый, молочно-белый); 2) тон-колорит — соотношение разных (светлые, темные) тонов цвета, определяется ведущий цвет в окраске камня; 3) интенсивность окраски — густота или насыщенность ведущего цвета.

Нередко ювелирные камни имеют неравномерную или зональную окраску. Кроме того, с изменением характера освещения (его спектрального состава) у некоторых минералов меняется цвет (александрит, разновидности гранатов, корундов и др.). Многие ювелирные камни изменяют окраску при нагревании (топаз, циркон, аметист, цитрин, гелиодор и др.), облучении (аметист, топаз, дымчатый кварц). Некоторые ювелирные камни, особенно самоцветы, под действием солнечного света выцветают, т. е. окраска их бледнеет и может совсем исчезнуть (аметист, розовый кварц, топаз, аквамарин).

Окраска как физическое явление возникает вследствие избирательного поглощения или отражения веществом определенного диапазона электромагнитного излучения в пределах видимой части спектра.

Природа окраски различна. А. Е. Ферсман разработал классификацию, согласно которой существуют три основных типа окраски: идиохроматическая, аллохроматическая и псевдохроматическая. Идиохроматическая, по современным представлениям, обусловлена фундаментальным (собственным) поглощением минерала, наличием видообразующих ионов переходных металлов, а также электронных и дырочных центров. Этот тип окраски доминирует в минеральном мире. Аллохроматические окраски связаны с присутствием в минералах примесных ионов переходных металлов, примесных (свободных) неорганических радикалов и механических примесей других окрашенных минералов. Особое место в цветовой гамме минералов занимает псевдохроматическая окраска (иризация, опалесценция, эффект кошачьего глаза, астеризм, побежалость), вызванная явлениями интерференции, дифракции и рассеяния света.

Наиболее распространенным методом определения окраски минералов является визуальное наблюдение при соответствующих условиях освещенности. Оценка цвета производится на фоне листа белой бумаги при дневном свете с северной стороны либо при освещении лампой дневного света. Человеческий глаз способен воспринимать и отличать около 200 цветовых оттенков.

Однако визуальное определение окраски камня является субъективной характеристикой и не может полностью удовлетворять современным требованиям. Для исследования природы окраски минералов и объективной оценки цвета широко приме-

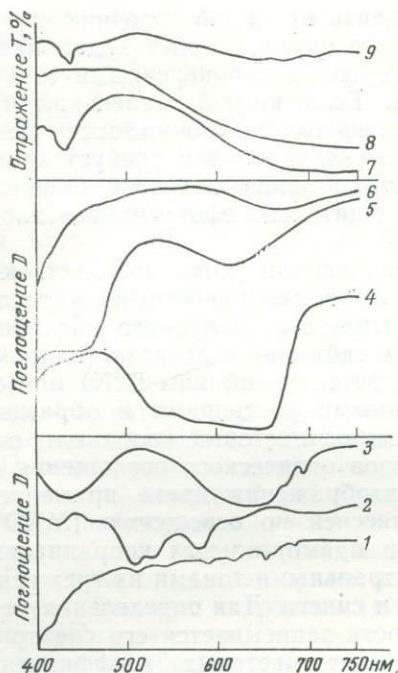
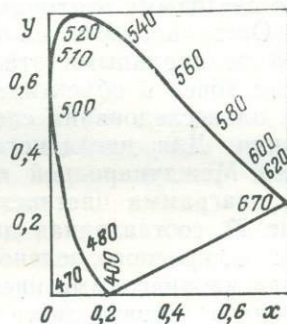


Рис. 1. Запись спектров поглощения и отражения обработанных ювелирных камней:

прозрачных: 1 — циркона, 2 — альмадина, 3 — изумруда; полупрозрачных: 4 — сапфирина, 5 — нефрита, 6 — хризопраза; непрозрачных: 7 — бирюзы, 8 — имитации бирюзы из синего стекла, 9 — жадеита

Рис. 2. Диаграмма цветности Международной комиссии по освещению



няются спектроскопические методы (в УФ-, видимой и ИК-областях спектра, ЯМР, ЭПР и др.). Спектры поглощения записываются на разных типах спектрофотометров отечественного (СФ-8, -10, СФ-18 и др.) и иностранного («Весман», США; «Perkin Elmer», Великобритания; «Hitachi», Япония и др.) производства. Разработана методика, позволяющая производить запись спектров поглощения ограненных камней на спектрофотометре СФ-18 (рис. 1) в видимой области спектра [9]. Для наблюдения спектров поглощения используют также спектральный окуляр, помещаемый на место обычного окуляра бинокулярного микроскопа [35], и геммологические спектроскопы, выпускаемые фирмами «Рейнер», «Цейс», «Крюсе» и др., или спектроскопические установки «Калтлихт» фирмы «Эйкхорст».

Существуют два типа спектроскопов: с дифракционной решеткой и с призмой. Призмный спектроскоп находит более широкое применение [42]. Он состоит из металлической трубки. На одном конце ее расположен окуляр, на другом — щель, через которую проходит свет. Ширину щели можно регулировать. В металлической трубке сразу за щелью расположена лупа и серия (три или пять) стеклянных призм, склеенных таким образом, что вершины их поочередно направлены в противоположные стороны. Свет, проходя через линзу, превращается в параллельный пучок, который разлагается чередующимися призмами и достигает окуляра, практически не отклоняясь.

Если щель спектроסקопа направить на яркий источник света и поместить перед ней камень, то в окуляре будет видна прямоугольная полоска спектральных цветов с поперечными тонкими черными линиями поглощения. Если камень маленький и не закрывает щель спектроסקопа, необходимо использовать металлические диафрагмы. Работа со спектроסקопом требует практического опыта, хорошие результаты можно получить, правильно отрегулировав ширину щели и тщательно сфокусировав наблюдаемую часть спектра.

Для описания цветов камней используются количественные характеристики, полученные колориметрическими методами, которые основаны на сравнении цвета исследуемого ювелирного камня с цветовыми эталонами в таблицах и атласах (например, атласы Оствальда, Манселла, цветовые таблицы DIN) или специально подобранными эталонными растворами и образцами. Наиболее точен и объективен метод цветовых координат, основанный на исследовании спектров оптического поглощения или отражения. Для наглядного изображения цвета применяется принятая Международной комиссией по освещению (МКО) в 1931 г. диаграмма цветности в прямоугольных координатах x и y (рис. 2), составленная спектральными тонами из трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Для определения места минерала на диаграмме цветности записывается его спектр поглощения и производится расчет цветовых коэффициентов спектрального тона из трех основных цветов. Расчеты коэффициентов производятся по специальной программе на ЭВМ. Метод полезен при сравнении оттенков цвета природных минералов в коммерческих целях, а также для выявления отличия оттенков цвета природных минералов от их синтетических аналогов (например, аметистов, изумрудов, сапфиров, рубинов) с целью их идентификации и сближения цветовых оттенков.

В связи с тем, что разные ювелирные камни одного цвета могут иметь различные спектральные характеристики, при их диагностике используются цветовые фильтры. Таков, например, фильтр Челси, примененный впервые в 1934 г. Лондонской торговой палатой для отличия изумрудов от некоторых имитаций и минералов зеленого цвета и известный под названием «изумрудная лупа». Этот фильтр может использоваться и при диагностике других ювелирных камней. Он представляет собой светофильтр, селективно пропускающий в желто-зеленой (570—630 нм) и красной (более 690 нм) областях видимого спектра.

Наблюдаемая через фильтр Челси окраска камней определяется особенностями их пропускания или отражения света в указанных диапазонах длин волн. Камни, прозрачные в желто-зеленой и красной областях видимого спектра, ведут себя под фильтром Челси нейтрально, т. е. имеют грязно-желто-зеленую окраску самого фильтра. Камни, непрозрачные в красной области, но прозрачные в желто-зеленой, имеют более чистый желто-зеленый цветовой тон. Камни, прозрачные в красной области, но

непрозрачные в желто-зеленой, выглядят под фильтром Челси красными. Изумруд — один из немногих ювелирных камней, пропускающий красный свет. Поэтому при наблюдении через цветовой фильтр большинство природных изумрудов, а также синтетические, выращенные из раствора в расплаве, будут казаться розовыми (красными). Однако необходимо иметь в виду, что некоторые природные изумруды (из месторождений Урала, Индии, Африки) и синтетические, выращенные гидротермальным методом, практически не изменяют свой цвет под фильтром (инертны). Имитации из зеленого стекла, большинство зеленых дублетов, некоторые минералы (турмалин, хризолит, шпинель и др.) также инертны. Некоторые синие ювелирные камни, пропускающие красную часть спектра, при наблюдении через цветовой фильтр будут казаться розовыми (красными). К ним относятся природные шпинель, некоторые сапфиры, синтетические шпинель и кварц, стекла.

Порядок работы с цветовым фильтром следующий: положить камень на лист белой бумаги, осветить ярким источником света и наблюдать окраску камня, держа фильтр близко к глазу, чтобы не мешал посторонний свет.

Для некоторых ювелирных и поделочных камней, имеющих не очень большую твердость (до 5), диагностическое значение имеет цвет черты, которую оставляет минерал, если провести им по бисквиту — белой неглазурованной фарфоровой пластинке. Цвет черты, т. е. цвет минерала в порошке, может совпадать с цветом минерала или отличаться от него. Например, цвет черты у бирюзы — голубой, голубовато-зеленый, а у черного гематита — вишнево-красный. По цвету черты можно отличать некоторые минералы (малахит, лазурит и др.) от имитаций. Камни с высокой твердостью будут разрушать бисквит, оставляя на нем черту, соответствующую цвету фарфора в порошке.

П л е о х р о и з м. Анизотропные минералы характеризуются различным поглощением света в зависимости от направления его прохождения в кристалле. В соответствии с этим в разных кристаллооптических направлениях наблюдается различная окраска. Это явление называется плеохроизмом. В том случае, если изменение окраски происходит в двух направлениях, оно носит название дихроизма. Впервые он был замечен в кордиерите, с чем связан синоним кордиерита — дихроит. Плеохроизм проявляется в различных минералах по-разному. Сильным плеохроизмом обладают кунцит, гидденит, танзанит, турмалины, некоторые синие сапфиры, рубины, изумруды и др.

Это свойство используется при диагностике ювелирных камней. У некоторых из них, например у турмалина, австралийских сапфиров, дихроизм можно наблюдать визуально, поворачивая камень и просматривая его со всех сторон. В большинстве случаев плеохроизм наблюдают с помощью микроскопов и дихроскопов. Первый дихроскоп был сконструирован В. Хайдингером. Он представляет собой металлическую трубку с вмонти-



Рис. 3. Дихроскоп

рованным кристаллом кальцита, на одном конце которой находится окуляр.

В настоящее время более широко применяются фильтродихроскопы, в которых используются две тонкие пластинки поляризационных фильтров, помещенные между диапозитивными решетками (рис. 3). Если перед окном дихроскопа расположить камень таким образом, чтобы свет, проходящий через него, попадал в

окно прибора, то через окуляр будут видны два сопряженных окна, окрашенные в разный цвет или разные оттенки одного цвета. Максимальный дихроизм наблюдается только в том случае, когда направления колебаний света, создающего изображения окна дихроскопа, точно совпадают с направлениями колебаний поляризованных лучей, идущих из камня, т. е. будет виден их собственный цвет. В случае других ориентировок часть каждого цвета будет попадать в оба изображения окошка дихроскопа. Дихроизм не наблюдается (т. е. оба окна прибора будут окрашены одинаково): 1) в изотропных камнях, 2) в анизотропных камнях, если оптическая ось камня совпадает с оптической осью прибора, 3) если направления колебаний обыкновенного и необыкновенного лучей в камне будут находиться под углом 45° к направлениям световых колебаний дихроскопа. Поэтому при работе с дихроскопом необходимо поворачивать камень, т. е. рассматривать его в различных положениях. Для освещения камня используют дневной свет или лампу дневного света.

Светопреломление. При переходе из воздуха в минерал на границе сред световые лучи преломляются. Отношение синуса угла падения лучей к синусу угла преломления называется показателем преломления. Показатели преломления минералов всегда больше единицы. Величина их меняется с изменением длины волны монохроматического света. Это явление называется дисперсией показателя преломления. Оно определяет игру (сверкание) камня. Наиболее высокая дисперсия показателя преломления у алмаза — 0,062. Полное внутреннее отражение наблюдается в том случае, если лучи идут из минерала в воздух. При постепенном увеличении угла падения наступает момент, когда свет не выходит из камня, а распространяется вдоль границы раздела сред. Этот угол называется предельным или критическим. Если лучи идут из минерала под углом, большим критического, то они не могут пройти в менее плотную среду и полностью отражаются обратно в минерал. Это явление называется полным внутренним отражением.

Первую модель геммологического рефрактометра сконструировал Г. Смит в 1907 г. Позже появились другие марки рефрактометров — «Reuperg», «Dialdex», «Topcon» и др. Высокой дисперсией обладают демантоид (0,057), циркон (0,039), некоторые синтетические ювелирные камни: ИАГ, ГГГ, рутил, фабулит, фианит и др.

Существует ряд методов определения показателей преломления минералов: метод призмы, рефрактометра, иммерсионный, прямого измерения и др. Они характеризуются разной степенью точности (наиболее точен метод призмы). Выбор метода определяется задачами исследования. При диагностике ювелирных камней показатели преломления измеряются на рефрактометрах (рис. 4). Принцип действия рефрактометра

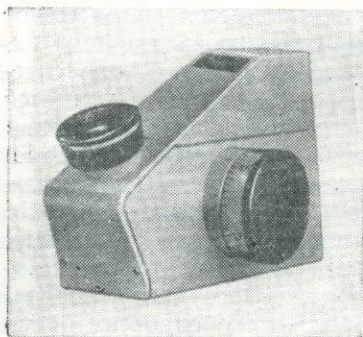


Рис. 4. Рефрактометр

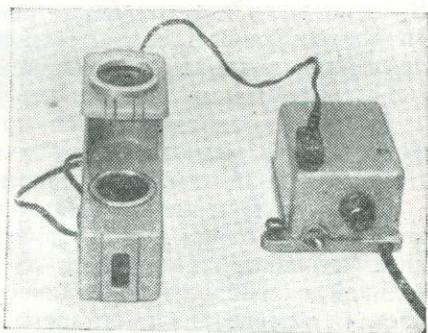


Рис. 5. Полярископ

основан на явлении полного внутреннего отражения на границе двух сред.

Наиболее часто используются рефрактометры с полушариями из синтетической шпинели ($n = 1,72$) и стекла ($n = 1,80$), позволяющие определить показатели преломления соответственно до 1,7 или 1,8. В последние годы созданы модели, в которых используют в качестве рабочих полушарий фианит, фабулит. Точность рефрактометров обычно 0,01. При отсутствии рефрактометров показатели преломления можно определять с помощью бинокулярного микроскопа с приспособлением, позволяющим измерять глубину камня методом прямого измерения.

Характер прохождения света через кристалл зависит от его симметрии. В кристаллах высшей, кубической сингонии и аморфных веществах скорость распространения света и показатели преломления во всех направлениях одинаковы, такие вещества называются оптически изотропными. Среди ювелирных камней изотропными являются: алмаз, гранаты, шпинель, лазурит и ряд синтетических камней, например ИАГ, ГГГ, фабулит, фианит, а также янтарь и другие ископаемые смолы, стекла

природные и искусственные. В кристаллах средних и низших сингоний скорость распространения света и показатели преломления меняются в зависимости от направления. Эти кристаллы оптически анизотропны. В них лучи раздваиваются, и каждый из образовавшихся лучей определяется своим показателем преломления. Это явление носит название двойного лучепреломления, или двупреломления. Величина двупреломления равна разнице между наибольшим и наименьшим показателями преломления.

Двупреломление в обработанных ювелирных камнях изучается с помощью поляризационных микроскопов (МПС-2, «Opton» и др.) или полярископов (рис. 5). Оптически изотропные камни в поляризованном свете при скрещенных николях остаются темными, в то время как анизотропные просветляются. В некоторых изотропных камнях наблюдается аномальное двупреломление в связи с наличием упругих внутренних напряжений, возникающих из-за минералов-включений, пластической деформации, неравномерного распределения примесей и др. Оно проявляется, как правило, в локальных узорах на фоне общего темного поля. Такие очень характерные решетчатые узоры наблюдаются, например, в синтетической шпинели.

Блеск. При падении на поверхность минерала часть светового потока отражается. Свойство минерала отражать то или иное количество падающего на него света называется отражательной способностью. Количество отраженного света определяется химическим составом минерала, особенностями его структуры, а также характером поверхности, на которую падает свет. Отношение интенсивности отраженного света к интенсивности падающего света называется показателем отражения. Показатель отражения R связан с показателями преломления следующей зависимостью: $R = [(n - 1)/(n + 1)]^2$, где n — средний показатель преломления минерала. Численные значения отражательной способности измеряют на микрофотометрах.

Отражательная способность определяет блеск минералов. В минералогии различают [11] блеск, соответствующий определенным значениям показателей преломления и отражения (R , %): стеклянный ($n = 1,3 - 1,9$, $R = 2 - 10$), алмазный ($n = 1,9 - 2,5$, $R = 10 - 19$), полуметаллический, или металловидный ($n = 2,5 - 3,0$, $R = 19 - 25$), металлический ($n > 3,0$, $R > 25$). При определенном характере поверхности блеск может быть жирным или восковым. Поверхность некоторых минералов, особенно имеющих тонко- или скрытокристаллическое строение, может изобиловать микроскопическими порами, которые становятся своего рода ловушками для света. Такие поверхности выглядят матовыми.

Для более точной характеристики блеска некоторых минералов вводится термин «отлив»: шелковистый — для минералов с параллельно-волокнистым строением, перламутровый — для минералов с совершенной или весьма совершенной спайностью.

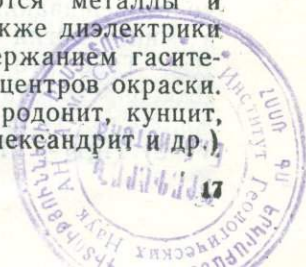
1440

Среди ювелирных и поделочных камней преобладают минералы со стеклянным блеском, некоторые из них имеют также отлив. Небольшая группа минералов имеет алмазный блеск (алмаз, демантоид, циркон, эвклаз) и полуметаллический, или металлоидный (гематит, пирит). Тонкозернистые и скрытокристаллические ювелирные и поделочные камни обладают восковым блеском, их неровные поверхности могут быть матовыми. Это бирюза, нефрит, серпентин, агальматолит, различные разновидности халцедона. На неровных поверхностях ряда минералов наблюдается жирный блеск (фенакит, хризоберилл, хризолит, циркон, некоторые минералы из группы серпентина). Существуют специальные приборы для диагностики ювелирных и поделочных камней по отражательной способности («Magic eye» и др.).

Люминесценция. Люминесценцией называется способность тела светиться под воздействием какой-либо возбуждающей энергии. Она представляет собой неравновесное излучение, избыточное над тепловым (при данной температуре), и является следствием различных преобразований энергии в веществе в световую. В зависимости от вида возбуждающей энергии выделяют фотолюминесценцию — ультрафиолетовый или видимый свет, катодолюминесценцию — катодные лучи, рентгенолюминесценцию — рентгеновские лучи, радиолюминесценцию — α - и γ -лучи, хемилюминесценцию — химические реакции, термолюминесценцию — нагревание, электролюминесценцию — электрический ток, триболюминесценцию — трение и др. По длительности свечения люминесценцию делят на флуоресценцию (свечение продолжается только в момент воздействия какого-либо источника возбуждения) и фосфоресценцию, или послесвечение (свечение продолжается некоторое время после снятия возбуждения). Энергия, которая выделяется при люминесценции в виде свечения, является частью энергии возбуждения. Другая ее часть переходит в энергию тепловых колебаний кристаллической решетки. Этот процесс носит название тушения люминесценции. Он происходит как внутри центра люминесценции, так и при рекомбинации с некоторыми центрами, такими как Fe, Co и др.

Причины, вызывающие люминесценцию природных минералов, могут быть различными. Люминесцирующие минералы можно разделить на полупроводники (сульфиды и гомеоатомные минералы, характеризующиеся люминесценцией донорных и акцепторных дефектов) и диэлектрики с собственными и примесными катионами — люминогенами [8].

Нелюминесцирующими минералами являются металлы и «узкозонные» кристаллы (E_g от 0 до 1,5), а также диэлектрики и полупроводники с высоким (более 1%) содержанием гасителей-катионов Fe^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и радиационных центров окраски. Центрами люминесценции могут быть: Mn^{2+} (родонит, кунцит, флюорит и др.), Cr^{3+} (рубин, изумруд, топаз, александрит и др.).



редкие земли (апатит, кальцит и др.), $[\text{CrO}_4]$ (крокоит), $[\text{ZrO}_6]$ (циркон) и др. [8, 36]. Наличие тех или иных центров люминесценции определяется кристаллической и генетической природой вещества [4, 36].

Для ювелирных камней люминесценция является одним из дополнительных, а в некоторых случаях и важных диагностических свойств, например, для выявления александритоподобных синтетических корундов, имеющих оранжево-коричневое свечение в УФ-лучах, некоторых синтетических изумрудов с красным свечением в УФ-лучах и др. Для определения цвета люминесценции применяется коротковолновое ($\lambda = 253,7$ нм) или длинноволновое ($\lambda = 365$ нм) ультрафиолетовое излучение. Источником его служат ртутные лампы ПРК-4, СВД-120-А, СВДШ-1000 и другие с соответствующими светофильтрами (УФС-1, -3, -5, -6), вмонтированные в установки ОИ-17, ОИ-18, а также приборы типа UVSL-25, UVL-21, «Black Ray Mineralight» и др. При определении цвета люминесценции исследуемый камень помещают на черную подложку и освещают ртутной лампой. Работа проводится в затемненном помещении. Используются также специальные приборы (Ultraviolet Viewing Cabinet), позволяющие проводить определение характера свечения в незатемненной комнате [46].

Основным методом люминесценции является исследование спектров люминесценции в комплексе с исследованием спектров поглощения, проводимости и др.

Для люминесцентных измерений используются спектрометры СДЛ-1 и СДЛ-3, решеточные монохроматоры МДР-2-4, МДР-23, светосильный стеклянный спектрометр ИСП-51 и др.

Определение плотности

Одним из важнейших диагностических свойств ювелирных камней является плотность. Плотностью называют величину, равную массе единицы объема вещества $\rho = m/V$, где ρ — плотность, г/см³; m — масса, г; V — объем, см³. Плотность зависит прежде всего от химического состава и типа кристаллической структуры минерала.

Методы определения плотности можно разделить на несколько групп: весовые, объемные, иммерсионные, механические, радиационные, рефрактометрические и аналитические. Они достаточно подробно описаны в специальной литературе [32, 10]. Точность определения плотности зависит от выбранного метода и применяемых приборов. При диагностике ювелирных и поделочных камней плотность определяется методом уравнивания в тяжелых жидкостях. Широкое применение в минералогии он нашел после работ А. Черча (1877 г.), Дж. Туле (1878 и 1879 гг.) и В. Гольдшмидта (1881 г.). Для определения плотности используются следующие тяжелые жидкости: 1) жидкость Зонштадта — Черча — Туле (жидкость Туле) $\text{HgI}_2 + 2\text{KI}_2$, плотность 3,17 г/см³, смешивается с водой

в любых соотношениях; 2) жидкость Клейна $9\text{WO}_3\text{V}_2\text{O}_3 + 2\text{Cd}(\text{OH})_2 + 16\text{H}_2\text{O}$, плотность $3,36 \text{ г/см}^3$, смешивается с водой; 3) иодистый метилен CH_2I_2 , плотность $3,32 \text{ г/см}^3$, смешивается с бензолом и ксилолом; 4) бромформ CHBr_3 , плотность $2,89 \text{ г/см}^3$, хорошо смешивается со спиртом и бензолом; 5) четырехбромистый ацетилен $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$, плотность $2,97 \text{ г/см}^3$, смешивается с эфиром, бензолом, бромистым этиленом и толуолом; 6) жидкость Клеричи. двойная соль малоновокислого таллия $\text{CH}_2(\text{COOTl})_2$ и муравьинокислого таллия НСООТl , плотность $4,27 \text{ г/см}^3$, разбавляется водой и др.

Для определения плотности неизвестного камня необходимо иметь набор жидкостей различных концентраций либо опустить минерал в неразбавленную жидкость, в которой он всплывает (если плотность жидкости выше плотности минерала), и постепенно, по каплям добавляя разбавитель и тщательно перемешивая, добиться равенства плотностей.

Плотность раствора, полученного путем разбавления тяжелой жидкости, можно определить по формуле $\rho = V_1\rho_1 + V_2\rho_2 / V_1 + V_2$, где ρ — плотность полученного раствора, ρ_1 — плотность концентрированной тяжелой жидкости, ρ_2 — плотность разбавителя, V_1 — объем концентрированной жидкости, V_2 — объем разбавителя [10]. Наиболее простым и быстрым является определение с помощью денсиметров, или индикаторов, — стекол или кусочков минералов определенной плотности. Если поместить такой индикатор в жидкость, он будет находиться во взвешенном состоянии при равенстве плотности индикатора и жидкости, тонуть, если плотность жидкости меньше, и всплывать, если жидкость будет иметь более высокую плотность. Меняя индикаторы, можно определить плотность жидкости.

Плотность большей части тяжелых жидкостей коррелируется с показателем преломления (табл. 1). Для определения плотности раствора данным способом — он называется оптическим — показатель преломления капельки жидкости определяется на рефрактометре.

Существуют и другие способы определения плотности: Гольдшмидта, Ретгерса — Бонштедт и др., описанные в специальной литературе [32, 10]. Используемые жидкости можно регенерировать до требуемой или максимальной плотности выпариванием, фракционной перегонкой (иодистый метилен, четырехбромистый ацетилен, бромформ) или эмульсированием с трехкратным объемом воды (бромформ).

При работе с тяжелыми жидкостями, которые, как правило, ядовиты, необходимо соблюдать правила техники безопасности. Все работы проводить в вытяжном шкафу, применять очки для защиты глаз и резиновые перчатки для защиты рук. При попадании жидкости на кожу следует тщательно промыть это место и протереть спиртом. При работе с жидкостями Клеричи или Туле нельзя применять предметы из металлов или органи-

Таблица 1

Плотности и показатели преломления тяжелых жидкостей

Жидкость Клеричи (по X. Вассар, при 19,5 °С)		Жидкость Туле (по В. Гольдшмидту, для линии D при 18 °С)			
ρ , г/см ³	n	ρ , г/см ³	n	ρ , г/см ³	n
4,076	1,6761	3,2	1,7333	2,2	1,5457
3,695	1,6296	3,1	1,7145	2,1	1,5270
3,580	1,6154	3,0	1,6956	2,0	1,5090
3,434	1,5990	2,9	1,6768	1,9	1,4910
3,280	1,5815	2,8	1,6582	1,8	1,4731
3,184	1,5693	2,7	1,6395	1,7	1,4551
3,114	1,5620	2,6	1,6207	1,6	1,4371
3,024	1,5515	2,5	1,6020	1,5	1,4186
2,884	1,5363	2,4	1,5832		
2,692	1,5156	2,3	1,5645		

ческие материалы. После завершения работы исследуемые камни необходимо промыть соответствующими разбавителями [32]. Нельзя определять в тяжелых жидкостях плотность янтаря (ее можно определить в подсоленной воде или хлористом кальции), жемчуга и других органических веществ. Не рекомендуется опускать в жидкости Клеричи или Туле бирюзу, которая ввиду особенностей строения впитывает капельки жидкости и меняет цвет.

При необходимости более точного определения плотности или определения плотности минерала выше плотности жидкостей можно воспользоваться методом гидростатического взвешивания. При этом методе расчет плотности минерала производится по потере веса минерала, определенного на воздухе и в жидкости — спирте, воде и др.

Исследование под микроскопом

Одним из важнейших методов диагностики ювелирных камней является исследование их под микроскопом. С этой целью применяются бинокулярные стереоскопические микроскопы отечественного производства (МБС-1, МБС-2, МБС-9) и зарубежные («Gemolite» (рис. 6), «Custom Mark V» и др.). Микроскопическое изучение включений и других дефектов в драгоценных камнях было введено в ювелирную практику в начале XX столетия для отличия синтетических рубинов от природных. С начала 30-х годов метод микроскопического исследования стал широко использоваться в геммологии для диагностики ювелирных камней и отличия природных камней от синтетических аналогов, имитаций — стекол, составных камней (дублетов, триплетов). Большой фактический материал, накопленный в отечественной и зарубежной практике [43, 45, 50], позволил выявить характерные для некоторых природных камней включения, например волокнистый биссолит в демантоиде, иглоподоб-

ные включения рутила в корундах (рис. 7 и 8), жидкие включения в бериллах, и установить другие признаки отличия их от имитаций и синтетических аналогов. Вопросы классификации включений в природных ювелирных камнях детально разработаны Е. Гюбелиным (E. Gubelin). По времени образования он делит включения на протогенетические, сингенетические и эпигенетические, по фазовому состоянию — на твердые, жидкие и газообразные.

Твердые включения — это в большинстве случаев минералы в виде хорошо образованных или ксеноморфных кристаллов и зернистых масс. Диагностика минералов-узников сложна, поскольку требует применения неразрушающих методов и проводится на основании характерных кристаллических форм, облика, цвета, блеска и некоторых оптических свойств (рельеф, интерференционная окраска, угол погасания, знак удлинения), которые можно определить под микроскопом. В настоящее время для диагностики включений используют «рамановскую» спектроскопию и рентгеновские микроанализаторы. Установлено большое число минералов, наиболее

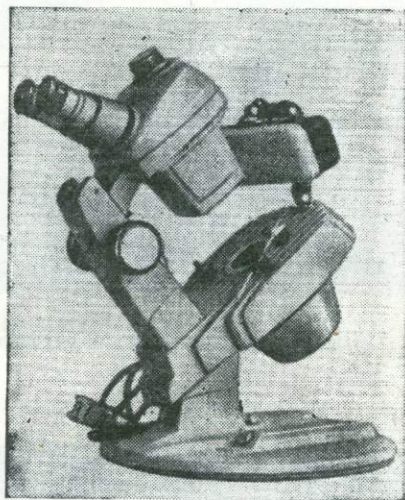


Рис. 6. Ювелирный микроскоп

часто встречающихся в виде включений в ювелирных камнях.

Газово-жидкие включения могут быть сложными по составу, например, содержать две или более несмешивающиеся жидкости или помимо газовой и жидкой еще и твердую фазу. Формы таких включений очень разнообразны. Трещины, в которых они располагаются, имеют веерообразную, дискообразную или кулисообразную форму. Все это приводит к образованию своеобразных внутренних текстур в виде сеток, сот, кружев, «отпечатков пальцев», которые в некоторых случаях являются диагностическими и позволяют определить природу камня. Нередко встречаются тонкие волосовидные каналы или трубки (берилл, гранаты, кунцит). Установлено, что главными компонентами газово-жидких включений являются вода и углекислота, газовая фаза представлена углекислым газом, а твердая — легкорастворимыми солями, например галитом.

К внутренним особенностям ювелирных камней можно отнести трещиноватость, которая имеет различную природу. Спайность наблюдается лишь в некоторых камнях. Она видна под



Рис. 7. Шелк в природном синем сапфире

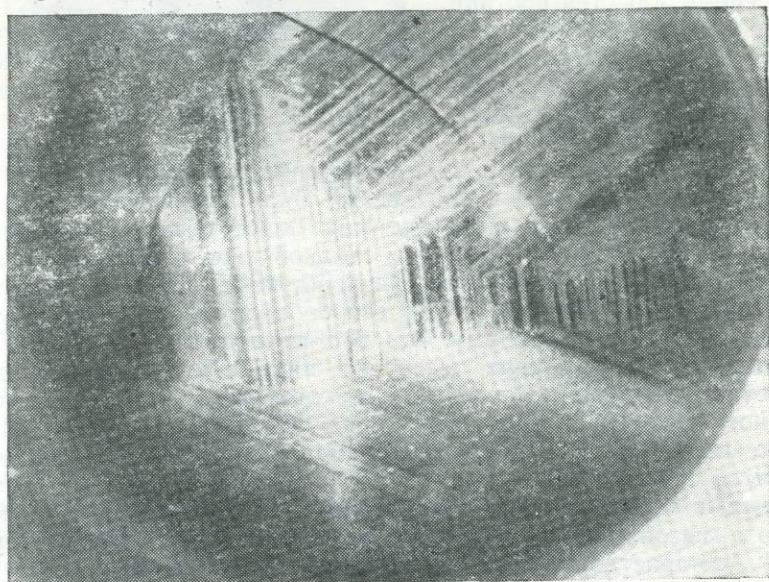


Рис. 8. Звездчатый природный сапфир.

микроскопом в виде параллельных или пересекающихся под определенным углом трещин, которые выглядят как линии. Плоскости срастания полисинтетических двойников также наблюдаются в виде параллельных линий. Имеются также сингенетические или эпигенетические трещины разнообразной формы, которые в зависимости от их облика в геммологической практике получили название «флаги», «перья» и т. д. Они могут развиваться около включений или независимо от них. Во многих случаях дискообразные, веерообразные и кулисообразные трещины содержат газово-жидкие включения, в них также могут наблюдаться тонкие пленки жидкости или газа. При воздействии эпигенетических процессов в некоторые трещины могут попадать гидроксиды железа, декорировать их или каналы, придавая им окраску желтых или бурых тонов. Такие трещины наблюдаются только в природных камнях, особенно в сапфирах и рубинах, и это необходимо учитывать при их идентификации. При обработке камней в них иногда появляются механические трещины различной формы, но они не содержат включений, сильно отражают свет и называются зеркальными. Только на корундах при огранке образуются трещины — «огненные знаки», которые являются диагностическими.

Важным диагностическим признаком является характер распределения окраски, вызванный условиями образования, а именно: прямолинейная зональность в природных камнях (кварц, корунд, берилл и др.), криволинейная зональность в синтетических веществах, полученных методом Вернейля (корунд, шпинель и др.), зонально-секториальная, неравномерная и т. д.

Основываясь на изучении внутренних особенностей и включений в драгоценных камнях, можно отличать один камень от другого, диагностировать неизвестный камень, определять происхождение камней, отличать синтетические камни и имитации, установить место добычи камня.

Использование рентгеновских лучей

Рентгеноструктурные методы. Обнаружение рентгеновских лучей В. Рентгеном и применение их в 1912 г. М. Лауэ для изучения свойств кристаллов открыло новую страницу в минералогии. В настоящее время метод рентгеноструктурного анализа стал классическим при диагностике минералов. Данные, полученные при изучении рентгенограмм, позволяют определить минеральный вид, структурные разновидности, дать качественную и количественную оценку состава, получить информацию о дисперсности вещества, дефектности структуры и т. д. [35, 5]. Существуют следующие методы рентгеноструктурного анализа: М. Лауэ, В. Г. Брэгга и В. Л. Брэгга, вращения-качания, порошка и др. Выбор метода определяется характером материала и поставленными задачами. В СССР используются установки УРС-70, УРС-60, УРС-55, дифрактометры УРС-50-4, ДРОН-1,0,

ДРОН-2,0. При различных типах исследований применяют рентгеновские камеры Лауэ, РКП, КФОР и другие, и приставки к дифрактометрам.

Рентгенография. Через два года после открытия рентгеновских лучей они были применены для микроскопического исследования сплавов и тем самым было положено начало рентгеновской микроскопии. В минералогии метод начал использоваться с 1939 г.

При прохождении рентгеновских лучей через минерал на пластинке получается теневое контрастное изображение, которое связано с внутренним строением и химическим составом минерала. Существует несколько методов рентгеновской микроскопии, отличающихся принципами получения теневого изображения: отражательная рентгеновская микроскопия, проекционная рентгеновская микроскопия, контактная микрорентгенография, дифракционная рентгеновская микроскопия [35].

Идея использования рентгенографии для диагностики ювелирных камней по степени их прозрачности в рентгеновских лучах принадлежит К. Делтеру, установившему, что янтарь, алмаз, фенацит и гагат прозрачны для рентгеновских лучей, корунд почти прозрачен, менее прозрачны хризоберилл, опал, андалузит, кунцит. Просвечивающимися оказались топаз, полевые шпаты, диопсид, сподумен, кварц, полупросвечивающимися — шпинель, флюорит, гессонит, почти непрозрачными — турмалин, бирюза, оливин, сфен; практически непрозрачными — альмандин, циркон, рутил, эпидот, берилл, стекло, имитирующее алмаз [50]. С появлением рентгенографии открылись новые возможности идентификации камней независимо от того, находятся они в изделии или нет. Этот метод особенно важен при диагностике алмаза, жемчуга и др. Для этой цели используют специальные установки («Multifaceted X-Ray Diamond Penetrating Apparatus», «Softex-New type» и др.).

Рентгеноспектральный анализ. Этот вид анализа используется для определения состава вещества. Он проводится по первичным и вторичным рентгеновским спектрам испускания — флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, а также по спектрам поглощения — абсорбционный рентгеноспектральный анализ. Особенное развитие этот метод получил с появлением рентгеновского микроанализа и разработкой аппаратуры для анализа химического состава зерен минерала весьма малых объемов (Р. Кастен, И. Б. Боровский). Микроанализаторы (зонды) позволили определить химический состав минералов и включений в них и открыли таким образом новую страницу в исследовании вещества.

Рентгенолюминесценция. Рентгеновские лучи могут вызывать люминесценцию в веществе. Это свойство некоторых ювелирных камней, например алмаза, используется в промышленном обогащении. Его можно использовать и при идентификации ювелирных и поделочных камней [50].

ЮВЕЛИРНЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ

КАМНИ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (МИНЕРАЛЫ)

Самородные элементы

АЛМАЗ С. Известен с древних времен. Назв. от арабск. «твердый» или греч. «непреодолимый». Примеси: *N* — основная, влияющая на физические свойства, по содержанию которой алмазы делятся на два типа: в первом типе — от 0,001 % до 0,23 %, во втором — менее 0,001 %. Иногда выделяют также третий тип, промежуточный по содержанию *N* и свойствам. В меньшем количестве могут содержаться O, H, B, Al, Si, Fe, Na, Mg, Ca, P, S, Sc, Ti, Cr, Mn, Co, Cu, Ba, Zr, TR, Pt, Au, Ag, Pb, U, Th, благородные газы, и др. Куб. с. Кл. симм. гексоктаэдрический. Пр. гр. *Fd3m*, $Z = 8$, $a_0 = 0,356$ нм. Стр. координационная.

Хорошо образованные плоскогранные и кривогранные кристаллы октаэдрического, ромбододекаэдрического, кубического габитуса. Двойники по шпинелевому закону, плоскость двойникования (111). Сrostки, разновидности: кристаллы с зональным и секториальным строением, скрытокристаллические — карбонадо и ударно-взрывные (импактные) алмазы, радиально-лучистые округлые образования — балласы, мелкозернистые, часто обогащенные графитом — борт [28]. Размер кристаллов обычно небольшой (миллиметры), редко массой более 15 кар. Самые крупные: «Кулинан» (3106 кар.), «Эксцельсиор» (995,2 кар.), «Звезда Сьерра-Леоне» (969,9 кар.), «Великий Могол» (793 кар.) и ряд других.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах (зональные и секториальные кристаллы, баллас, борт), непрозрачный (карбонадо, ударно-взрывные алмазы, баллас, иногда борт), бесцветный с различными оттенками (нацветами), желтый (связан с центром *N3*, представляющим собой *AlN*, или *N +* вакансия, в спектре абс. система полос с головной линией 415 нм), янтарно, медово-желтый (связан с атомами *N*, изоморфно замещающими атомы *C*, в спектре абс. система с головной линией 503 нм), зеленый, голубой, синий — окраска распределена по всему объему (край поглощения при 225 нм) или поверхностная (вызвана радиоактивным облучением, л. абс. 701 нм), дымчато-коричневый и розово-сиреневый (связан с центрами, возникающими при деформации кристаллов), молочно-белый, серый, черный (обусловлен включениями). В УФ-лучах голубой, желтый, зеленый, розовый, фиолетовый. Изотропный, часто аномально анизотр. $n = 2,417$. Дисперсия 0,062 (в ряде зарубежных изданий — 0,044). Бл. алмазный. Тв

10. Хрупкий. Сп. совершенная по {111}. Излом ступенчатый, неровный, раковистый. Пл. 3,51 г/см³ (возможны колебания), у скрытокристаллических разновидностей — 3,40 г/см³. Диэлектрик, известны полупроводники. При облучении УФ- и ИК-лучами появляется фотопроводимость.

Нахождение — кимберлиты (оливин, серпентин, карбонаты, ильменит, пироп, хромшпинелиды, пироксены)* — основной коренной источник. Эклогиты (гранаты, оливин), перидотиты (оливин, пироп), россыпи, импактиты, метеориты — скрытокристаллические разновидности. Местор.: СССР, Ангола, Берег Слоновой Кости, Ботсвана, Гана, Гвинея, Заир, Конго, Лесото, Либерия, Намибия, Сьерра-Леоне, Танзания, ЮАР, Индия, Индонезия, КНР, Бразилия, Венесуэла, Гайана.

В ювелирных изделиях применяется с глубокой древности. Ограниченный алмаз называется бриллиантом. Форма его может быть круглой, фантазийной, прямоугольной. Наиболее распространенными видами огранки являются бриллиантовая (простая — 16, полная — 57 граней, Хайлат-Кат — 73 грани, королевская — 86 граней, величественная — 102 грани), изумрудная, швейцарская, ступенчатая и др. Издавна применялись имитации бриллиантов. Это прозрачные бесцветные минералы: циркон, корунд, фенацит, турмалин-ахронит, топаз, берилл, горный хрусталь, реже шеелит, сфалерит и др. В настоящее время широко используются синтетические вещества: ИАГ, ГГГ, фианит, фабулит (титанат стронция), рутил, шпинель, корунд, ниобат лития, муассанит и др., а также стекла с добавками Рb.

Алмазы отличаются от своих имитаций по физическим свойствам и внутренним особенностям. Главными отличительными признаками является его непревзойденная твердость, что определяет высокую сохранность полировки и остроту ребер граней бриллианта по сравнению с другими ювелирными камнями. Большой показатель преломления отличает алмаз от природных имитаций и некоторых синтетических материалов. Высокая дисперсия показателя преломления определяет его ослепительную игру. Из природных имитаций только циркон приближается к нему по дисперсии. В то же время фианит, ИАГ, ГГГ, фабулит, синтетический рутил, ниобат лития имеют аналогичную и даже более высокую дисперсию.

Важное диагностическое свойство алмаза — его весьма частая аномальная оптическая анизотропия. Характерна голубая, реже желтая, зеленая и другого цвета люминесценция в УФ-лучах (365 нм) и люминесценция в рентгеновских лучах. Алмаз прозрачен в рентгеновских лучах. Диагностическим свойством может быть также плотность, но поскольку она у шпинели и топаза имеет те же значения, использовать это свойство можно лишь ограниченно. Высокая теплопроводность алмаза положена в основу специального прибора «Diamond Pro-

* Здесь и далее в скобках указаны сопутствующие минералы.

бе», с помощью которого алмаз отличается от всех имитаций. На свойстве хорошо смачивать поверхность основаны различные устройства (например, прибор, на котором определяют контактный угол, рапидографы со специальными чернилами, оставляющими сплошной след на бриллианте и пунктирный — на других камнях). Для алмазов с совершенной бриллиантовой огранкой используются тесты «световой шпиль» и «световая передача», основанные на различии критического угла алмаза и его имитаций. Диагностическое значение имеют включения минералов — оливинов, гранатов пироп-альмандинового ряда, хромшпинелидов, коэсита, хромдиоксида, сульфидов (пентландит, пирротин, халькопирит), графита, реже рутила, циркона, дистена, биотита и др.

Сульфиды

СФАЛЕРИТ ZnS . Назв. от греч. «обманчивый, непостоянный». Син.: цинковая обманка. Примеси: Fe, Mn, In, Ga, Ge, Tl, Pb, Cu, Cd (до 5% — пршибрамит). Куб. с. Кл. симм. гексатетраэдрический. Пр. гр. $F\bar{4}3m$, $Z = 4$, $a_0 = 0,542$ нм. Стр. координационная.

Кристаллы тетраэдрические. Простые формы: $\{111\}$, $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $\{\bar{1}10\}$, $\{100\}$. Часты двойники срастания по (111) и полисинтетические. Агрегаты зернистые, концентрически-зональные, оолиты.

Прозрачный, до непрозрачного. Цвет серовато-бурый, фиолетовый, синий, коричневый, черный (марматит), желтый, красный, оранжевый (рубиновый цинк), зеленый, бесцветный (клеюфан). Черта от белой до коричневой. Желтая и коричневая окраска вызваны Fe^{2+} , л. абс. (нм): 400, 425, 450, 472, 510, 592, 649, 826, 260, 286, 339; зеленая связана с примесью Co^{2+} , л. абс. (нм): 748, 726, 712, 697, 671, 655, 595, 565; красная обусловлена $Cu^+ \rightarrow In^{3+}$, л. абс. (нм): 565, 560; оранжевая — $Cu^+ \rightarrow Ga^{3+}$, л. абс. (нм): 525, 510, 505; фиолетовая и синяя вызвана $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, л. абс. 540 нм. В УФ- и рентгеновских лучах оранжево-красный, красный. Блеск алмазный, иногда металлоидный. Изотропный. $n = 2,36 - 2,47$. Тв. 3,5—4,2. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{110\}$. Излом неровный. Пл. 3,5—4,2 г/см³ (уменьшается с увеличением содержания железа).

Нахождение — гидротермальные породы (пирит, халькопирит, галенит). Местор.: СССР (Средняя Азия, Урал, Донбасс, Прикарпатье), ЧССР, Испания, СРР, США (штаты Аризона, Висконсин, Юта, Монтана, Нью-Джерси, Колорадо), Канада, Намибия, Великобритания, Швеция, Франция, Австралия, Мексика.

Используется в ювелирном деле ограниченно из-за низкой тв. и хрупкости. Прозрачные бесцветные и светлоокрашенные разновидности ограняются. Коллекц. минерал. Диагностируют по алмазному блеску, низкой твердости, оптическим константам, высокой плотности, спайности.

Галогениды

ФЛЮОРИТ CaF_2 Назв. от лат. «течь» в связи с легкоплавкостью смесей руд с минералом. Син.: плавиковый шпат. Примеси: Cl, Sr, Y, Ce, Th, Cd, Fe^{3+} и др. Куб. с. Кл. симм. гексоктаэдрический. Пр. гр. $Fd\ 3m$, $Z = 4$, $a_0 = 0,546$ нм. Стр. координационная.

Кристаллы — кубы, октаэдры и комбинационные. Простые формы: $\{100\}$, $\{111\}$, $\{110\}$ и др. Часты двойники по $\{111\}$. Агрегаты зернистые, друзы.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный, белый, розовый, красный (окрашен Sm^{2+} , л. абс., нм: 396, 421, 606, 610 или 427, 445, 582, 610, 534), голубой, синий, зеленый, лиловый, фиолетовый (окраска связана с центрами на вакансиях и междуузельных атомах F, л. абс., нм: 385, 540, 580), желтый, оранжевый, коричневый, часто зональный. В УФ- и катодных лучах желтый, голубой, красноватый, фиолетовый, зеленый, белый. Наблюдается термолюминесценция и фосфоресценция. Бл. стеклянный. Изотропный. $n = 1,432-1,434$. Дисперсия 0,007. Тв. 4. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{111\}$. Излом раковистый, неровный. Пл. $3,0-3,25$ г/см³.

Нахождение — гидротермальные образования (берилл, турмалин, киноварь, антимонит). Местор.: СССР (Забайкалье, Казахстан, Украина и др.), США (штаты Нью-Мексико, Колорадо), Великобритания, Италия, Австрия, ЧССР, ГДР, Швейцария, Канада, Колумбия.

В ювелирном деле используется ограниченно, в основном применяется для изготовления декоративно-художественных и мозаичных изделий. Коллекц. минерал. Диагностируют по низкой тв., совершенной спайности, люминесценции, оптическим свойствам.

Оксиды

КОРУНД Al_2O_3 . Назван предположительно от инд. «каурунтака». Разновидности: рубин, назван от лат. «красный»; сапфир, назван от лат. «синий». Примеси: Sr, Fe, Ti, V. Триг. с. Кл. симм. дитригонально-скаленоэдрический. Пр. гр. $R3c$, $Z = 6$, $a_0 = 0,476$ нм, $c_0 = 1,299$ нм. Стр. координационная.

Кристаллы столбчатые, бочонковидные, пирамидальные, пластинчатые. Простые формы: $\{11\bar{2}0\}$, $\{22\bar{4}1\}$, $\{22\bar{4}3\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$. Кристаллы рубина от коротко- до длиннопризматических с пинакоидом и небольшими гранями ромбоэдров или без них, иногда уплощенные. Кристаллы сапфира комбинационной формы с гранями гексагональной дипирамиды и призмы, иногда пинакоида, или таблитчатой либо ромбоэдрической формы. Характерны полисинтетические двойники по $(10\bar{1}1)$, вследствие чего на гранях призмы наблюдается косая штриховка.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный (лейкосапфир); красный различной интенсивности и оттенков (рубин); синий

различной интенсивности и оттенков, розовый (окрашен Ti^{4+}), зеленый, фиолетовый, желтый, оранжевый, коричневый называются сафирами. Красный цвет обусловлен присутствием ионов Cr^{3+} , л. абс. (нм): 416, 565, 696; синий, сине-зеленый, зеленый обусловлен переносом заряда $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ и Ti , л. абс. (нм): 454, 460, 472, 606; фиолетовый — совместным присутствием Cr и Fe . Встречаются камни с астеризмом и эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах рубины — красные; синие сафиры — инертны, иногда слабо зеленовато-белые, красные (Шри-Ланка), оранжевые; желтые сафиры — желто-оранжевые; лейкосафиры — красно-оранжевые (365 нм), оранжевые сафиры — оранжевые (365 нм); фиолетовые и александритоподобные сафиры — красные. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_e = 1,757 - 1,768$; $n_o = 1,765 - 1,778$, $n_o - n_e = 0,008 - 0,009$. Дисперсия 0,018. Дихроизм: рубин — пурпурно-красный, оранжево-красный; сафир синий — фиолетовосиний, зеленовато-синий; зеленый — зеленый, желто-зеленый; оранжевый — оранжевый, бесцветный; желтый — желтый, бледно-желтый; пурпурный — фиолетовый, оранжевый. Тв. 9. Сп. весьма несовершенная, отдельность по $\{0001\}$. Пл. 3,99—4,10 г/см³.

Нахождение — регионально-метаморфические (гнейсы, сланцы), контактово-метасоматические (мраморизованные известняки и доломиты), интрузивные (нефелиновые сиениты и др.) породы, россыпи (шпинель, флогопит, доломит, кальцит). Местор.: Бирма (Могок), Таиланд, Кампучия, Индия (Кашмир), Пакистан, Шри-Ланка, Австралия, США (штаты Монтана, Северная Каролина), Намибия, Танзания, Зимбабве, Кения, Афганистан, Бразилия, СССР (Макар-Ружь, рубин).

В ювелирном деле применяется широко с древних времен. Обрабатывается различными видами огранки, звездчатые корунды в виде кабошонов. При диагностике природных корундов большое значение имеют высокая твердость, показатели преломления, линии абсорбции и внутренние особенности: включения минералов (рис. 9), иногда вызывающие астеризм или образующие шелк, сетки; наличие трещин разнообразной формы с газожидкими включениями; дактилоскопические текстуры (рис. 10); прямолинейная или гексагональная зональность окраски (рис. 11). Синтетические корунды идентифицируют по характерным внутренним особенностям: наличию газовых пузырьков и их скоплений (рис. 12), включениям шихты и криволинейной зональности окраски (метод Вернейля), линиям абсорбции и люминесценции (сафиры). Корунды, выращенные из раствора в расплаве, содержат характерные трещины, включения криолита, платины (E. Gubelin). В последнее время стали широко применять облагораживание корундов, особенно сафиров, для улучшения или изменения цвета, прозрачности, удаления шелка и т. д. Для этого используют термообработку, облучение или диффузию. Облагороженные камни очень трудно

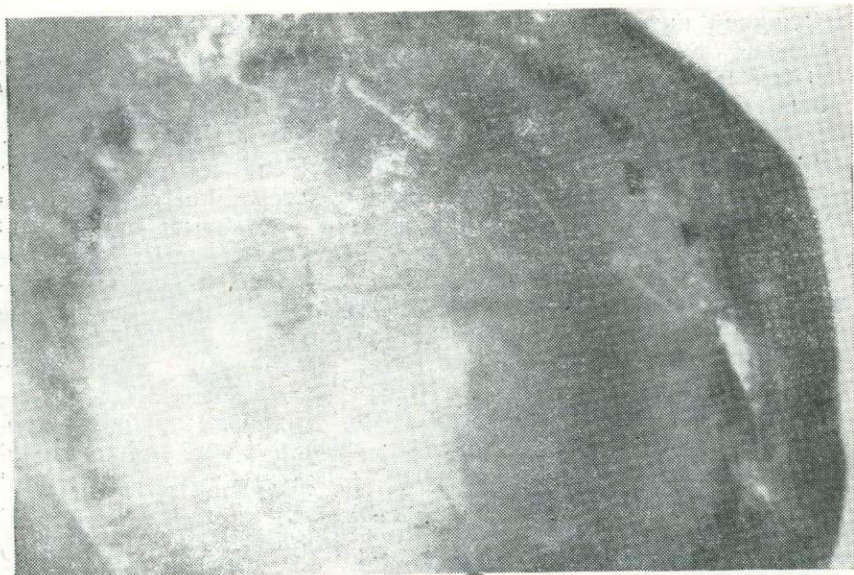


Рис. 9. Включения карбонатов в природном рубине

идентифицировать, но иногда возможно определить по характеру распределения или исчезновению окраски (желтые сапфиры), люминесценции (синие сапфиры), появлению трещин около включений и шероховатости на гранях («оспины»), четкому проявлению зональности окраски (К. Nassau, G. Tombs, K. Scarratt).

ГЕМАТИТ Fe_2O_3 . Назв. от греч. «кровь» по цвету в порошке. Син.: кровавик. Примеси: Al, Ti, H. Триг. с. Кл. симм. дитригонально-скаленоэдрический. Пр. гр. $R\ 3c$. Стр. координационная. $Z = 2(6)$. $a_0 = 0,504$ нм, $c_0 = 1,376$ нм.

Кристаллы пластинчатые, ромбоэдрические, таблитчатые, чешуйчатые (железная слюдка, спекулярит). Простые формы: $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}4\}$, $\{0001\}$ и др., часты полисинтетические двойники по $\{10\bar{1}1\}$. Агрегаты скрытокристаллические, зернистые, плотные (красный железняк), почковидные, радиально-лучистые (красная стеклянная голова).

Непрозрачный. Цвет стально-серый до черного (кристаллы), ярко-красный, коричнево-красный (землистые разности). Цвет черты вишнево-красный, коричнево-красный. Бл. металлический, металлоидный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 3,22$, $n_e = 2,94$, $n_o - n_e = 0,280$. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Сп. отсутствует. Отдельность по $\{0001\}$ и $\{10\bar{1}1\}$ вследствие двойникования. Излом полураковистый до неровного. Пл. 4,95—5,30 г/см³.

Нахождение. Метаморфические породы, кора выветривания (кварц, кальцит, тальк, пирит, лимонит, магнетит). Местор.: СССР, (Западный Каражал, Кишкенесор), США (штаты Мин-

несотта, Мичиган и др.), Канада, Бразилия (Минас-Жерайс), Мексика, Куба, Италия (о. Эльба), Великобритания.

Широко используется как ювелирный и поделочный камень. Обрабатывается разными видами огранки, в виде кабошонов, камей и инталю. Диагностируют по блеску, цвету черты, высокой плотности.

ШПИНЕЛЬ $MgAl_2O_4$. Назв. от лат. «маленький шип» в связи с формой кристаллов или от лат. «терн», так как окраска некоторых разновидностей похожа на цвет ягод терновника. Впервые описана Агриколой в 1546 г. Син.: магнезиальная шпинель. Примеси: Fe^{2+} (цейлонит, плеонаст), Fe^{3+} , Cr, Mn (ганошпинель). Является крайним членом изоморфного ряда минералов, составляющих подгруппу шпинели: шпинель, галаксит $MnAl_2O_4$ (Mn-шпинель), герцинит $FeAl_2O_4$ (разновидность с Cr — пикотит), ганит $ZnAl_2O_4$, Sn-ганит $ZnSn_{0,2}Al_{1,8}O_4$: Куб. с. Кл. симм. гексоктаэдрический. Пр. гр. *Fa 3m*. $Z = 8$. $a_0 = 0,810$ нм. Галаксит: $a_0 = 0,818$ нм; герцинит: $a_0 = 0,812$ нм; ганит: $a_0 = 0,808$ нм; Sn-ганит: $a_0 = 4 \times 0,806$ нм. Стр. координационная.

Кристаллы октаэдрические. Простые формы {111}. Часто двойники прорастания по шпинелевому закону. Агрегаты зернистые, сростки.

Прозрачная (благородные разности). Цвет — различные оттенки красного, розовый, синий, голубой (ганошпинель), зеленый (хлоршпинель), желтый, коричневый, фиолетовый, оранжевый (рубицелл), лиловый, пурпурный, бесцветный, черный, темно-синий, темно-бурый (цейлонит или плеонаст), некоторые разности обладают александритовым эффектом или астеризмом в виде 4- и 6-лучевой звезды. Галаксит темно-красный до черного, герцинит черный, пикотит темно-зеленый, темно-коричневый, черный, ганит зеленый, серовато-зеленый, черный. Красная и розовая окраска вызваны Cr^{3+} , л. абс. (нм): 455, 465, 480—595, 632, 642, 650, 656, 665, 675, 684; синий, зеленый и коричневый цвет обусловлен Fe^{3+} , л. абс. для голубой и синей (нм): 433, 443, 458, 478, 508, 555, 585, 635, 675, 686; фиолетовый, фиолетово-красный цвет определяется совместным присутствием Cr^{3+} и Fe^{3+} , л. абс. (нм): 411, 465, 554. В УФ-лучах красная шпинель люминесцирует красным (365 нм) и лиловым (254 нм) цветом, синяя — инертна, пурпурная — красная (365 нм) и инертна (254 нм). Бл. стеклянный. Изотропна, $n = 1,712—1,719$. Ганошпинель: $n = 1,725—1,753$; цейлонит (плеонаст): $n = 1,770—1,780$; галаксит: $n = 1,92$; герцинит: $n = 1,800—1,835$; ганит: $n = 1,805$. Дисперсия 0,020. Тв. 7,5—8. Сп. несовершенная. Излом неровный, раковистый. Пл. ($г/см^3$) 3,55—3,63, ганошпинель 3,58—4,06, цейлонит (плеонаст) 3,63—3,90, галаксит 4,04—4,20, герцинит 4,40, пикотит 4,42, ганит 4,00—4,62.

Нахождение — в основных породах, скарнах, метаморфических породах, россыпях (гранат, эпидот, хлорит, магнетит).

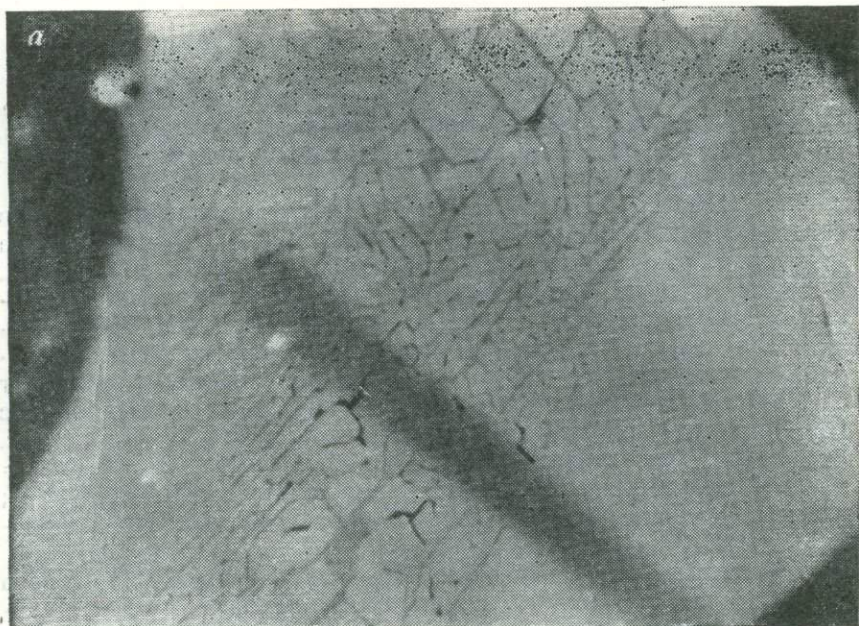


Рис. 10. Внутренние особенности природного сапфира:

а — прямолинейная зональность окраски и трещина с жидкими включениями; *б* — газо-жидкие включения, расположенные в веерообразной трещине; *в* — жидкие включения, образующие «дактилоскопическую текстуру»; *г* — жидкие включения

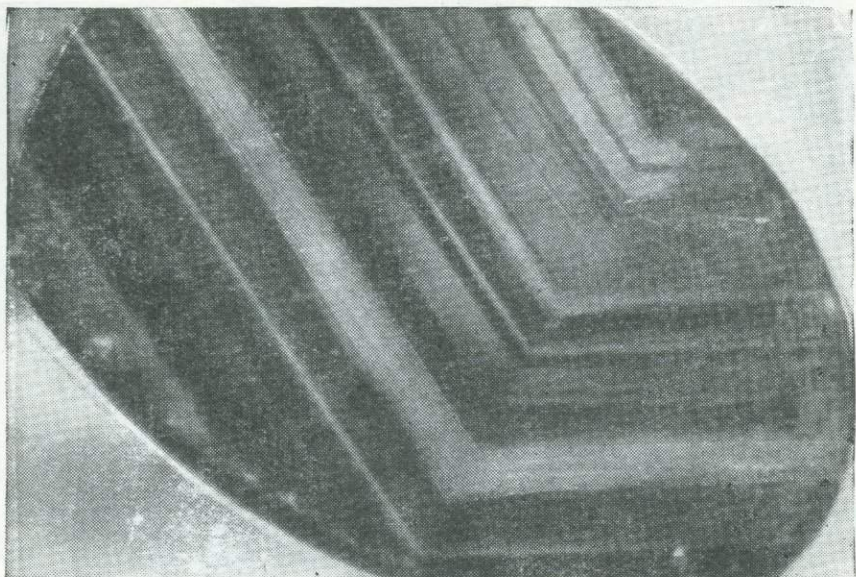


Рис. 11. Фрагменты гексагональной зональности окраски в природном сапфире

Местор.: СССР (Сибирь, Памир), Шри-Ланка, Италия (Везувий), Канада, Франция, ФРГ, Финляндия, Индия, Австралия, Япония, Новая Зеландия, Афганистан, Бирма, Кампучия, Таиланд, США.

Благородная шпинель различных окрасок с древних времен широко используется в ювелирном деле, в том числе бесцветная как имитация бриллианта. Обрабатывается различными видами огранки, с эффектом астеризма — в виде кабошонов. От похожих минералов отличается октаэдрическими кристаллами, высокой твердостью, плотностью, изотропией. Синтетическая шпинель в отличие от природной часто проявляет аномальное двупреломление в виде характерных сеток, возникающих за счет напряжений при синтезе и имеет характерные л. абс. в спектре поглощения, вызванные окрашивающими примесями. Синтетическая синяя шпинель (окрашена Co) в УФ-лучах розовато-оранжевая (365 нм), инертна (254 нм); л. абс. (нм): 430, 480, 546, 585, 600, 630; желтовато-зеленая имеет яркую желтовато-зеленую люминесценцию, л. абс. (нм): 427, 448, широкая 540—640; зеленая люминесцирует желто-зеленым различной интенсивности, л. абс. (нм): 427, 449, 546, 590, 644; буровато-зеленая — в УФ-лучах красная (254 нм), инертна (365 нм), л. абс. (нм): 433, широкая 540—560.

РАЗНОВИДНОСТИ КРЕМНЕЗЕМА — КВАРЦ, ХАЛЦЕДОН, ОПАЛ. Минералы кремнезема SiO_2 составляют около 14 % массы земной коры. Кремнезем в природе образует ряд полиморфных модификаций (табл. 2).

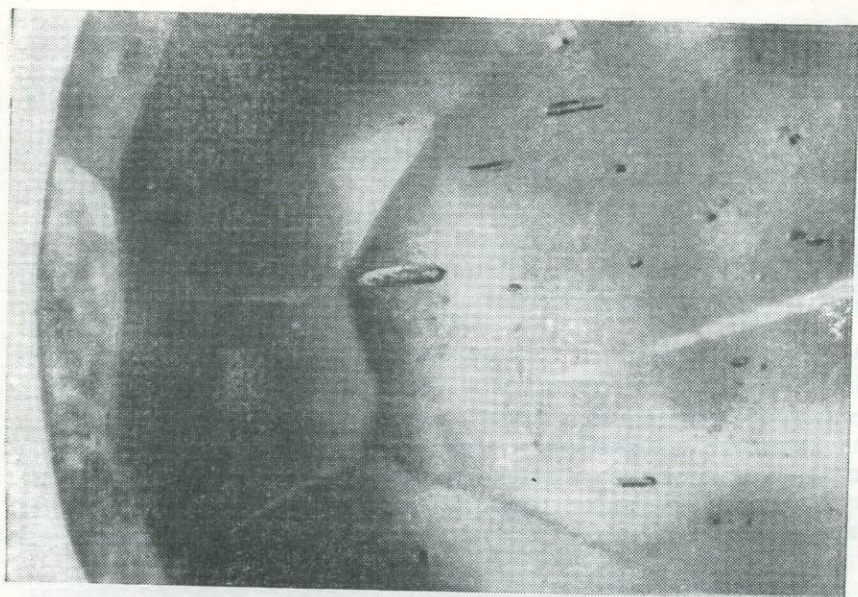


Рис. 12. Веретенообразные газовые пузырьки и скопления газовых микропузырьков, образующих «мошку», в синтетическом рубине

Таблица 2

Главные полиморфные модификации кремнезема

(с использованием данных В. Г. Балакирева, Е. Я. Киевленко, Л. В. Никольской и др.)

Название	Верхний предел устойчивости, °С	Плотность, г/см ³	Сингония
α-кварц	573	2,65	Тригональная
β-кварц	870	2,56	Гексагональная
α-тридимит		2,30	Ромбическая
β ₁ -тридимит:			
S ₁	60—75	2,26	Моноклиная
S ₂	115	2,26	Ромбическая
S ₃	250	2,26	Доменная структура
β ₂ -тридимит	870	2,22	Гексагональная
α-кристобалит	200—275	2,32	Тетрагональная
β-кристобалит	1700	2,20	Кубическая
Коэсит		3,01	Моноклиная
Стишовит		4,35	Тетрагональная
Китит			Тетрагональная

Наиболее распространены низкотемпературный α-кварц, высокотемпературный β-кварц, тридимит и кристобалит.

В качестве ювелирных камней из минералов кремнезема применяются кристаллы и зернистые агрегаты низкотемпературного α-кварца, его скрытокристаллическая тонковолокнистая разно-

видность — халцедон, содержащая также некоторое количество низкотемпературных тридимита и кристобалита, а также опал и некоторые горные породы, состоящие в основном из кварца, (яшма, кварциты).

α -кварц SiO_2 . Известен издавна, впервые описан Агриколой в 1529 г. Назв. произошло, вероятно, от нем. «querkluffertz» «секущие жилы», сокращенного до «quartz». Примеси: Al, Fe, Ti, (OH), Na, Li, H^+ и др. Триг. с. Кл. симм. тригонально-трапецоэдрический Пр. гр. $\text{R}\bar{3}21$. $Z = 3$. $a_0 = 0,4903$ нм, $c_0 = 0,5393$ нм. Стр. каркасная.

Хорошо образованные кристаллы различной формы. Главные простые формы: гексагональная призма $\{10\bar{1}0\}$, положительный $\{10\bar{1}1\}$ и отрицательный $\{01\bar{1}1\}$ ромбоэдры, реже тригональная дипирамида $\{11\bar{2}1\}$, трапецоэдр $\{51\bar{6}1\}$ и др. Часты двойники по дофинейскому (прорастание двух правых или левых кристаллов), бразильскому (прорастание правого и левого кристаллов) или японскому (срастание двух индивидов с углом между осями L_3 около 90°) законам. Друзы, зернистые агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный. По цвету выделяется ряд разновидностей.

Горный хрусталь — бесцветный, водяно-прозрачный. Назв. от греч. «лед». Коммерч. назв. (изл.): корнуэльский алмаз, бристольский алмаз (Великобритания), аляскинский алмаз, лейкджорджский алмаз (США), бриансонский алмаз (Франция), богемский алмаз (ГДР, ФРГ). Мрамарошские диаманты — кристаллики размером 1,5 мм с сильным блеском на гранях из Восточных Карпат, применяемые в естественном необработанном виде. Используются в ювелирном виде также кристаллы горного хрусталя с включениями красно-коричневого или золотистого игольчатого рутила («стрелы Амура», «волосы Венеры», «волосатик»), красноватого гематита, турмалина, хромита, актинолита, пирита, сфена, дюмортьерита, золота, хризоколлы и др.

Нахождение — пегматиты (микроклин, альбит, топаз, берилл), гидротермальные рудоносные кварцевые жилы (самородное золото, касситерит, вольфрамит, молибденит, пирит, арсенопирит, хлориты, кальцит и др.) и безрудные хрусталеносные кварцевые жилы (хлорит, серицит, каолинит, эпидот, рутил, гематит, пирит, кальцит), россыпи. Местор.: СССР (Украина, Урал, Дальний Восток), Бразилия (Минас-Жерайс), Швейцария (Альпы), Канада, Мадагаскар, Австралия, КНР, США (штаты Арканзас, Нью-Йорк) и др.

Термин «горный хрусталь» может применяться как общий, объединяя следующие разновидности кварца: собственно горный хрусталь, аметист, цитрин, морион, дымчатый кварц.

Дымчатый кварц — прозрачный серый, коричневато-серый, от бледно- до густокоричневого цвета. Син.: раухтопаз, дымча-

тый топаз, богемский хрусталь, керйгорм, керйгормский камень, шотландский топаз (коммерч. изл.). Окраска обусловлена структурной примесью Al, замещающего Si, с компенсацией избыточного заряда Li⁺, Na⁺ или протонами, в оптическом спектре — две дихроичные полосы 450 и 620 нм, при 300—320 °С — обесцвечивается. Хорошо образованные кристаллы, часто значительных размеров. Друзы.

Нахождение — миароловые пегматиты (микроклин, кlevelandит, топаз), элювиальные, делювиальные, аллювиальные россыпи. Местор.: СССР (Украина, Казахстан и др.), Бразилия (шт. Минас-Жерайс), Великобритания, Мадагаскар, Швейцария, США.

Морион — просвечивает в тонких сколах, черный. Син.: смольяк. Окраска связана с высокой концентрацией структурной примеси Al и повышенным содержанием различного рода кислородных и кремневых вакансий и дивакансий.

Нахождение — миароловые пегматиты (микроклин, кlevelandит, топаз), россыпи различного типа. Местор.: СССР (Украина, Казахстан и др.), Бразилия (Минас-Жерайс), Великобритания, Мозамбик, Мадагаскар, Швейцария, США.

Цитрин — лимонно- или золотисто-желтый различных интенсивности и оттенков до оранжевого. Назв. от фран. «лимон». Син.: мадейрский топаз, индийский топаз, западный топаз, испанский топаз, ложный топаз (коммерч. устар.). Окраска может быть обусловлена различными причинами: 1) примесью Al, замещающего Si, с компенсацией избыточного заряда Li и H⁺; в оптических спектрах — л. абс. (нм): 390—410 и 620, при 200 °С — обесцвечиваются; 2) примесью ионов Fe³⁺, находящихся в междоузлиях, может быть получен при обжиге мориона при 300—320 °С.

Нахождение — миароловые пегматиты (микроклин, кlevelandит, топаз), россыпи различного типа. Местор.: СССР, Бразилия (Минас-Жерайс), Мадагаскар. Цитрин следует отличать от желтого сапфира, имеющего более высокие тв. пл. и *n*. Отожженные цитрины часто называют гиацинтами, на которые они похожи.

Аметист — фиолетовый различной интенсивности, иногда с розовым или красным оттенком. Отличается неравномерной окраской: пирамиды роста граней положительного ромбоэдра — пурпурно-фиолетовые, отрицательного — бесцветные или слабо фиолетовые, пирамиды роста граней гексагональной призмы — бесцветные или дымчатые; окраска связана со структурной примесью Fe³⁺ и Fe²⁺, замещающего Si или находящегося в междоузлиях [25, 30]; в оптических спектрах поглощения — четыре максимума (нм): 280, 350, 540, 940; полосы 350 и 940 нм обладают отчетливым дихроизмом; окраска исчезает при 300—500 °С и может быть восстановлена в результате рентгеновского или γ -облучения. Назв. от греч. «трезвый», что связано с легендой об его образовании и свойстве предохранять от опьянения.

Нахождение — пегматиты (кварц, микроклин, топаз, турмалин, альбит), гидротермальные образования (кварц, кальцит, гематит, анкерит, сидерит, пирит, анальцит, агат, халцедон), россыли. Местор.: СССР (Ватиха, Обман, Тальян, Хасаварка), Мадагаскар, Мозамбик, Зимбабве, Замбия, Бразилия, Уругвай, Шри-Ланка, США.

Используется в ювелирном деле с глубокой древности как один из самых популярных камней. При обработке придается бриллиантовая, ступенчатая, фантазийная огранка, кабошонировается. При диагностике можно спутать с корундом (у последнего выше тв., *n*, пл.), флюоритом (изотропный, ниже тв., *n*), шпинелью (изотропная, выше тв., *n*, пл.), кунцитом (отчетливый плеохроизм, выше *n*), топазом (выше тв., *n*, пл.) и др., а также некоторыми синтетическими ювелирными камнями и стеклами, сложно отличить от синтетического аметиста, свойства которого тождественны природному. Важное значение для идентификации имеют жидкие, газовой-жидкие включения, образующие «муаровые узоры», неравномерность окраски, двойники.

Розовый кварц — обычно полупрозрачный, прозрачные участки редки. Цвет от ярко-розового до розово-красного, иногда с пурпурным или лиловым оттенком. Окраска обусловлена Ti, замещающим Si, л. абс. 500 нм; при нагревании до 675 °C обесцвечивается. Иногда наблюдается астеризм в виде шести или двенадцатилучевой звезды, вызванный игольчатыми включениями рутила.

Нахождение — кварцевые ядра хорошо дифференцированных пегматитовых тел. Местор.: СССР (Кентское, Никонова Варака, Пирт-остров, Лисий Бор и др.), США (штаты Мэн, Калифорния, Южная Дакота, Нью-Йорк, Колорадо), Бразилия (Минас-Жерайс), Мадагаскар, Индия, Мозамбик и др.

Авантюрин — обычно мелкозернистый коричневатого, серо-желтого, красноватого цвета с золотистым, искристым отливом (из-за включений чешуек гематита, гетита или биотита), зеленого (из-за включений фуксита или жильбертита), зеленовато-серого или белого (из-за включений серицита). Назв. от итал. «приклеючение». Местор.: СССР (Урал), Индия, Бразилия, Испания, Чили.

Кошачий глаз — серый, серовато-зеленый кварц с эффектом бошачьего глаза, вызванным включениями серовато-зеленого асбеста. Местор.: Африка, Индия, США, Мексика, Шри-Ланка.

Тигровый глаз — коричневый, желтый кварц различных оттенков с шелковистым отливом, возникающим в результате ориентированного расположения включений окисленного коричнево-бурого крокидолита или тончайших каналов, образовавшихся при выщелачивании последнего, заполненных лимонитом. Псевдоморфозы кварца по окисленному крокидолиту. Силифицированные жилы крокидолита. Местор.: ЮАР (Приска), Австралия, Бирма, Индия, США (шт. Калифорния), СССР

(Украина). Используется в ювелирном деле очень широко, обрабатывается в виде кабошонов, полируется. Прокаливанием получают красную окраску (лимонит в пустотах превращается в гематит). Обработкой в HCl, растворяя лимонит в пустотах, можно получить камни с эффектом кошачьего глаза.

Соколиный глаз — синий, серо-синий кварц с голубым отливом, обусловленным многочисленными ориентированными микровключениями крокидолита. Образуется в результате силификации жил крокидолита. Местор.: ЮАР (Приска).

Празем — зеленый агрегат кварца. Окраска обусловлена микроскопическими включениями гарниерита и других никельсодержащих силикатов.

Празиолит — разнов. кварца, выделяемая с 1950 г. Назв. от греч. «луковый камень» из-за зеленого цвета, который приобретает аметист из местор. Монтесума (Бразилия) и шт. Аризона (США) при нагревании до 510°. Л. абс. 710 нм.

Бл. стеклянный. В УФ-лучах инертен. Оптически одноосный, положительный, $n_e = 1,553$, $n_o = 1,544$, $n_e - n_o = 0,009$. Дисперсия показателей преломления 0,013. Дихроизм обнаруживается в густоокрашенных разностях, выражается в изменении интенсивности окраски. Тв. 7, хрупкий. Сп. несовершенная. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,65 г/см³.

Кварц широко используют как ювелирный и поделочный камень. Прозрачные кристаллы гранят, применяя различные типы огранок, кварц с включениями и полупрозрачный обрабатывают в виде кабошонов. Аметистовые щетки используют в брошах, кольцах, кулонах. Применяется для изготовления сувенирных и декоративных изделий. Коллекц. минерал. В настоящее время искусственно выращивают различные разновидности кварца: горный хрусталь, дымчатый кварц, цитрин, аметист — свойства которых соответствуют природным аналогам. Стекла, в том числе кварцевые, являются наиболее распространенными имитациями природных разновидностей кварца, они отличаются меньшей тв., изотропны, часто люминесцируют в УФ-лучах. Авантюриновые стекла, имитирующие авантюрин, производят в различных странах с древних времен. Для них характерно закономерное расположение геометрически правильных (обычно треугольных или гексагональных) включений медной стружки. Кварц и его разновидности отличают от других ювелирных камней по оптическим свойствам, пл., тв., отсутствию люминесценции.

Халцедон — скрытокристаллическая разновидность кварца микроволокнистого строения. Вдоль волокна вытянуты каналы. Перпендикулярно волокнам наблюдается слоистость от грубой до тончайшей, иногда до нескольких тысяч слоев на 1 см. Имеются многочисленные поры размером 0,1 мкм. Содержание SiO₂ 90—99 %, в переменных количествах присутствуют H₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃, MgO, CaO, NiO, оксиды Mn и др., которые могут выщелачиваться или поглощаться.

Корки, почки, сферолиты, желваки (кремень). Полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет серый, серовато-голубой, розоватый и др. По цвету различают следующие разнов.: сердолик — оранжевый, карнеол — красный, сардер — бурый, коричневый, хризопраз, мторолит — яблочно-зеленый, зеленый, плазма — зеленый, празем — луково-зеленый, гелиотроп — темно-зеленый или синевато-зеленый с красными пятнами, сапфирин — голубой. Полосчатые разнов. называются агатами. Бл. стеклянный. В УФ-лучах инертен. Оптически одноосный, положительный. $n_e = 1,539-1,544$, $n_o = 1,526-1,535$, $n_e - n_o = 0,004-0,009$. Тв. 6,5. Вязкий. Излом неровный, раковистый. Пл. 2,57—2,64 г/см³.

Сердолик — полупрозрачный халцедон. Син.: карнеол. Назв. из-за цвета от лат. «телесный». Цвет красный, красновато-бурый, темно-красный, коричневый (сардер), желтый (линкурий), обусловлен включениями гидроксидов Fe³⁺. Существует непрерывный переход от карнеола к сардеру, в основном красновато-коричневого, оранжево-коричневого, бурого, коричневого цвета. Граница между ними неопределенная, существуют промежуточные разности по цвету.

Хризопраз — прозрачный, полупрозрачный халцедон, обычно содержит также кварцин, α -кварц, α -тридимит. Назв. от греч. «золото» и «лук». Цвет луково-, травяно-, яблочно-, голубовато-зеленый связан с тонкодисперсными включениями Ni-содержащих минералов: Ni-сапонита (пимелита), гарниерита, бунзенита и др. Л. абс. 632 нм. Использование в ювелирном деле с глубокой древности очень широкое в виде кабошонов, гемм, наиболее яркоокрашенные прозрачные камни обрабатываются с применением ступенчатой или бриллиантовой огранки. При диагностике следует отличать от мторолита и искусственно окрашенного солями Cr и Ni халцедона, которые имеют красный цвет под фильтром Челси. Окрашенный Cr и Ni халцедон под микроскопом или лупой обнаруживает неравномерность распределения окраски в виде окрашенных волокон, ориентированных под прямым углом к слоям халцедона. Необходимо отличать также от жадеита (анизотропный, с более высокими показателями преломления), иногда, особенно мелкие ограненные камни от изумруда (анизотропный, с более высокой тв.), стеклот (ниже тв.).

Мторолит (мтородит, маторолит) — прозрачный, полупрозрачный халцедон. Назв. по месту находки (в Зимбабве). Цвет луково-, травяно-, яблочно-зеленый, обусловлен тонкодисперсными включениями Cr-содержащих минералов.

Плазма — разнов. халцедона. Назв. от греч. слова, которым обозначались формованные или литые вещи, из-за применения минерала для изготовления гемм. Син.: орегонский жад. Просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет темный луково-, яблочно-зеленый из-за включений чешуйчатого селадонита («зеленая веронская земля»), хлорита, амфибола.

Празем — просвечивающий в тонких сколах халцедон [3] или мелкокристаллический кварц [40]. Назв. из-за цвета от греч. «луково-зеленый». Син.: изумрудный кварц (изл.). Окраска связана с включениями актинолита.

Гелиотроп — разнов. халцедона, иногда содержит также кварц. Цвет темно-зеленый с красными пятнами. Если относительно прозрачный гелиотроп при солнечном свете погрузить в воду, он приобретает красный цвет, в связи с чем минерал получил свое название от греч. «солнце» и «поворот». Син.: кровавый камень. Зеленая окраска связана с включениями селадонита, красные пятна — с включениями гематита.

Сапфирин — полупрозрачная разнов. халцедона, иногда содержит также мелкозернистый α -кварц голубого, светло-синего цвета. Окраска связана, возможно, с примесью тонкодисперсного циркона [3, 25]. Имеются предположения о связи окраски сапфирина с примесью органического вещества, игольчатого рутила, крокидолита, с солнечной радиацией и др. Кроме того, сапфирином называют редкий коллекц. минерал $Mg_2Al_4[SiO_{10}]$, относящийся к группе силикатов.

Агат — жеды с концентрически зональным строением разноокрашенных слоев халцедона, иногда кварца. Назв. по р. Ахатес, Сицилия. По рисунку и окраске выделяются: переливт (волнистое очертание слоев), моховой (с включениями зеленого хлорита), бастионный, ленточный, огненный, пейзажный. Издавна агаты окрашивают в черный, красный, зеленый цвет пропитыванием различными красителями, иногда при нагревании и облучении. Оникс — халцедон с плоскопараллельным расположением разноокрашенных полос: красных или оранжевых с белыми — карнеолоникс, коричневых с белыми — сардоникс, черных с белыми — арабский оникс и т. д. Назв. от древнегреч.: «лапа», «палец», «копыто».

Нахождение — поствулканические минерализованные зоны в эффузивах (цеолиты, хлориты, кальцит) — халцедон, агаты; кремнесодержащие известняки и мергели (кальцит, баритоцелестин, кварц, аметист) — рисунчатый кремень, цветной халцедон; линейные коры выветривания никеленосных гипербазитов (кварц, опал, гарниерит, керолит, пимелит, магнезит, гидроксиды железа) — хризопраз; элювиальные, делювиальные, аллювиальные россыпи — халцедон, агат. Местор.: халцедоны — СССР, Индия, Исландия, США (шт. Калифорния), хризопраз — СССР (Сарыкул-Болды, Ново-Аккермановское), ПНР, Австралия, США (штаты Орегон, Калифорния), Бразилия; мторолит — Зимбабве; плазма — СССР (Восточная Сибирь), Индия, КНР, США (шт. Орегон); празем — ГДР, Финляндия, Австрия, Великобритания; сердолик, карнеол, сардер — СССР (Якутия и др.), Бразилия, Уругвай, Индия, АРЕ; гелиотроп — СССР (Восточная Сибирь), ЧССР, Индия, Бразилия, Австралия; сапфирин — СССР (Армения, Забайкалье), США (штаты Калифорния, Южная Дакота), МНР; агат — СССР (Аджикендское,

Иджеванское, Иевское, Магнитогорское, Мыс Чаичий, Памачское, Тедзамское, Тоданское, Тулдунское, Цохтеви, Шурдо), США, Бразилия, Индия, Великобритания, Норвегия, Мадагаскар, Мексика, Намибия, ЧССР и др.; оникс — СССР (Сибирь), Бразилия, Уругвай, Индия, АРЕ, КНР, ГДР, ФРГ.

Халцедон широко применяется как ювелирный и поделочный камень. При обработке его полируют, придают форму кабошона, используют как материал для изготовления печатей, гемм и других художественно-декоративных изделий. Халцедон, в том числе полосчатый (агат) издавна подвергали искусственному окрашиванию, благодаря наличию большого количества пор. Идентифицируют халцедон и его разновидности по физическим свойствам: тв., пл., n .

О пал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Назв. от санскр. «благородный камень». Состав: твердый гидрогель с переменным содержанием воды. SiO_2 65—90 %, H_2O 1—28 %. Примеси: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , TiO_2 , MnO и др.

Опалы представляют собой смесь аморфного и кристаллического кремнезема с переменной степенью кристалличности. Они делятся на три группы [12]: 1) опал, состоящий из упорядоченного α -кристобалита с незначительным количеством тридимита (опалы, связанные с лавовыми потоками), 2) опал, состоящий из разупорядоченного α -кристобалита и α -тридимита (кахолонг, волокнистый опал, люсатит, большинство деревянистых опалов, обыкновенные черные опалы), 3) разупорядоченный аморфный опал (большинство благородных опалов, стекловатых гиалитов, основная масса диатомитов, гейзеритов, опалов, встречающихся с глинами). По характеру распределения частиц кремнезема, наблюдаемому при электронномикроскопических исследованиях, опалы делятся на три типа (D. Smith, P. Throver): 1) состоящие из правильно расположенных однородных сфер кремнезема или из беспорядочно расположенных разнородных сферических частиц (большинство благородных опалов), 2) состоящие из сфер кремнезема, пространства между которыми заполнены перистыми агрегатами кремнезема (прозрачные опалы, редко обладающие опалесценцией), 3) целиком состоящие из волокнистого кремнезема (обычно неопалесцирующие).

Натечные и почковидные образования, сталактиты, желваки, конкреции, корки, оолиты, выделения неправильной формы, псевдоморфозы по дереву, раковинам, костям и др. Опалы делятся на благородные (опалесцирующие) и обыкновенные (без опалесценции). Бесцветные, белые, голубоватые, розовые, зеленые, желтые, красные, серые, черные и др. В УФ-лучах инертен, белый, голубоватый, зеленоватый, коричневатый, желтоватый. Бл. стеклянный, матовый (кахолонг), жирный, смолистый (смолистый опал), перламутровый. Изотропный, иногда аномально анизотропный. $n = 1,435$ — $1,470$ (у некоторых опалов, например мексиканских, $n = 1,37$). Тв. 5—6,5. Хрупкий. Сп. от-

сутствует. Излом раковистый. Иногда наблюдаются трещины гидратации. Пл. 1,90—2,30 г/см³.

Нахождение — гидротермальные поствулканические образования, древние коры выветривания.

Используется в ювелирном деле очень широко с древних времен благородный и некоторые разнов. обыкновенного опала.

Благородный опал — разновидности, обладающие яркой разнообразной игрой цвета (опалесценцией). По составу и структуре благородные опалы разнообразны. Большинство из них представляет собой разупорядоченный аморфный опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, редко с примесью кристобалита и тридимита осадочного происхождения, небольшая часть состоит в основном из упорядоченных кристобалита и тридимита вулканического происхождения. Электронномикроскопические исследования показали, что все благородные опалы сложены однородными по размеру сферами кремнезема с диаметром 150—450 нм, расположенными по принципу кубической, иногда гексагональной упаковки. Пустоты между сферами (в идеале тетрагональной или октаэдрической формы) заполнены аморфным кремнеземом второй генерации, а также воздухом, водяным паром или жидкостью. Сами сферы сложены беспорядочно расположенными мелкими глобулами диаметром 10—50 нм. Наряду со сферами иногда могут наблюдаться кристаллы тридимит-кристобалитовой структуры игольчатой (20—1000 нм) или неправильной (до 20 нм) формы. Для проявления опалесценции необходимы следующие условия (J. Sanders): 1) наличие однородных по размеру сферических частиц кремнезема; 2) упаковка частиц в правильную структуру; 3) различие в показателях преломления сфер и цемента пустот; 4) максимальная степень заполнения пустот цементом [12].

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, почти непрозрачный. Бл. стеклянный, матовый. Цвет белый (светлоокрашенные, молочно-белые), серый, черный (темно-серый, черный) — окраска связана с включениями тонкодисперсного органического вещества; оранжево-гиацинтово-красный, медово-желтый (огненный).

По характеру опалесценции выделяются разновидности: арлекин — с разнообразной пятнистой опалесценцией, в которой преобладают красные тона; кошачий глаз — с концентрически зональной опалесценцией в ярко-зеленых тонах (очень редкий); царский опал — с темно-красным или бронзовым ядром, зеленой каймой и почти неокрашенной внешней зоной; джиразоль — просвечивающий голубоватый, голубовато-белый опал с несильной опалесценцией в основном в красных тонах; огненный опал — с огненными отблесками, обычно не опалесцирующий, иногда обладающий иризацией; лейкозос-опал — бело-зеленый с опалесценцией глубокого зеленого и карминного цвета. В УФ-лучах белый, голубоватый, зеленоватый, желтоватый, коричневатый. Изотропный, иногда аномально анизотропный. $n = 1,435$ —

1,470, иногда 1,37. Тв. 5—6,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом раковистый. Иногда наблюдаются трещины дегидратации. Пл. 1,90—2,30 г/см³.

Нахождение — гидротермальные поствулканические образования и древние коры выветривания. Местор.: Австралия, около 95 % мировой добычи (Андамука, Йовах, Кубер-Педи, Лайтинг-Ридж, Спрингшуэ, Тинтенбар, Уайт-Клифс, Хейрикс), ЧССР (Либанка, Симонка), Мексика (Керетаро и др.), Гондурас (Грациос-а-Диас), США (штаты Вайоминг, Аризона и др.), Бразилия, СССР (Украина, Казахстан, Камчатка).

Используется в ювелирном деле с древних времен очень широко. Обрабатывают кабошонами, иногда применяют дублеты и триплеты (склеенные камни).

Огненный (пламенный, солнечный) опал — прозрачная разновид. благородного опала. Цвет оранжево-, гиацинтово-красный, медово-желтый. Окраска связана с примесями коллоидов гидроксидов Fe. Обычно не опалесцирует, с огненными отблесками, иногда с иризацией. В УФ-лучах зеленовато-коричневый. Местор.: Мексика (Керетаро), Бразилия, Гондурас, США, СССР (Казахстан). Широко используется в ювелирном деле.

Обыкновенный опал — разновидности, не обладающие опалесценцией. Различны по составу (из аморфного опала, из упорядоченных или разупорядоченных α -кристобалита и тридимита). Прозрачный, полупрозрачный, просвечивающий (некоторые разновидности — гидрофан — становятся просвечивающими при пропитывании их водой или расплавленным воском), непрозрачный. Выделяются разновидности по цвету: гиалит — бесцветный; молочный опал — молочно-белый, с желтоватым, голубоватым, зеленоватым оттенком; кахолонг — белый, иногда с голубоватым, желтоватым, красноватым оттенком; гидрофан — белый, светло-голубой; табашир — молочно-белый (образуется в стволах бамбука); почь-опал — бесцветный или молочно-белый (ассоциирует с благородным опалом); розовый опал, празопал — зеленый; смолистый опал — восково-, медово-, охристо-желтый; серый, черный (окраска связана с тонкодисперсным органическим веществом). В УФ-лучах часто наблюдается люминесценция в белых, голубых, желтых, зеленоватых и других тонах. Бл. стеклянный, матовый, жирный, смолистый, перламутровый. Изотропный, иногда аномально анизотропный. $n = 1,44—1,47$. Тв. 5—6,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом раковистый.

Нахождение — гидротермальные (поствулканические) образования, древние коры выветривания. В ювелирном деле используются некоторые разновидности.

Кахолонг — разновид. обыкновенного опала или халцедона. Назв. от монг. «прекрасный камень». Впервые термин употреблен в 1801 г. Р. Ж. Гаюи для обозначения кварц-агата, затем в 1812 г. был использован В. Гофманном для халцедона, в настоящее время применяется для опала и халцедона. Непрозрач-

ный, фарфоровидный или эмалевидный. Цвет белый, иногда с желтоватым, красноватым или голубоватым оттенком. Бл. матовый, стеклянный. Выделяют: 1) кахолонг опаловый, состоящий из разупорядоченного α -кristобалита и α -тридимита с примесью халцедона и часто битумов. Белый цвет обусловлен обилием равномерно расположенных микропор (0,5—4,5 нм), которые вызывают рассеяние света [3]. Может люминесцировать в УФ-лучах голубовато-белым цветом; 2) кахолонг опалово-халцедоновый, состоящий из опала и халцедона; 3) кахолонг халцедоновый, состоящий из халцедона. Свойства соответствуют свойствам халцедона. Непрозрачность и белый цвет обусловлены интенсивной открытой пористостью, с чем связаны более низкие, чем у других халцедонов, значения микротвердости.

Местор.: СССР (Казахстан, Узбекистан, Армения, Забайкалье, Ставропольский край и др.). Используется в основном как поделочный, реже как ювелирный камень.

Празопал — разнов. обыкновенного опала. Полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет зеленый. Окраска связана с неструктурной примесью Ni^{2+} . Л. абс. (нм): 1100, 740, 669, 639, 400. Местор.: ПНР, СССР (Сарыкул — Болды). Используется в ювелирном деле в виде кабошонов.

Окаменелое (окремненное) дерево — псевдоморфозы опала по древесине. Син. деревянистый опал. Состоит из разупорядоченных α -кristобалита и α -тридимита, а также частично или полностью из халцедона или тонкозернистого кварца. Силификации подвергаются стволы, пни, иногда корневища деревьев. При этом сохраняется характерная структура дерева с годовыми кольцами, сердцевидными лучами, деталями строения клетчатки, что имеет важное значение при диагностике. Иногда на стволах наблюдается светлая выветрелая корка, тонкая оторочка окремненной вмещающей породы, песок и гравий, скрепленные кремнистым или карбонатным цементом [13].

Непрозрачный, лучшие образцы просвечивают в тонких сколах. Цвет кремово-белый, серый, желтый, желтовато-бурый, коричневый, черный, красный, голубоватый, синий, иногда с черными дендритовыми узорами (оксиды Mn). Бл. стеклянный. Тв. 5,5—6. Более твердый — халцедоновые и кварцевые разновидности. Опаловые разности иногда содержат участки с более низкой твердостью, обычно более хрупкие. Излом раковистый.

Нахождение — часто в ассоциации с пирокластическими и вулканогенно-осадочными отложениями, в осадочных образованиях, связанных с региональным эпигенезом или ранним низкотемпературным метаморфизмом [13]. Местор.: СССР (Годердзское, Львовское, Сариарское), США (штаты Аризона, Вайоминг, Вашингтон, Орегон) и др.

Используется как поделочный камень с глубокой древности, в меньшей степени как ювелирный (броши, кулоны, перстни). Диагностируют по характерной структуре дерева.

ТАФФЕИТ (тафеит, тааффеит) $MgBeAl_4O_8$. Назв. по имени

первооткрывателя (1945 г.) геммолога Э. Ч. Тааффа. Впервые описан и изучен Б. Ф. Андерсоном в 1951 г. Примесь Fe. Гекс. с. Кл. симм. гексагонально-трапецоэдрический. Пр. гр. $R\bar{6}_322$. $Z = 4$, $a_0 = 0,572$ нм, $c_0 = 1,833$ нм.

Кристаллы идиоморфные призматического, пирамидального, чечевицеобразного облика, выделения неправильной формы, тонкозернистые агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный, розовый, лиловый, пурпурный, зеленоватый. Л. абс. 458 нм. В УФ-лучах и рентгеновских — зеленый. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,721-1,736$, $n_e = 1,717-1,727$, $n_o - n_e = 0,004-0,009$. Тв. 8,5—8. Сп. не наблюдается. Излом неровный. Пл. 3,43—3,61 г/см³.

Нахождение — скарны, россыпи. Местор.: Шри-Ланка, КНР, СССР (Питкьярнта в Карелии).

Используется как редкий ювелирный камень. Огранивается различными видами огранки. Коллекц. минерал. Похож на шпинель, отличается наличием двупреломления.

ХРИЗОБЕРИЛЛ $BeAl_2O_4$. Назв. от греч. «золотистый» и «берилл». Впервые описан А. Вернером в 1790 г. Разнов. александрит. Примеси: Fe, Ti, Cr. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pbnm$. $Z = 4$, $a_0 = 0,424$ нм, $b_0 = 0,939$ нм, $c_0 = 0,547$ нм. Стр. координационная.

Кристаллы толстотаблитчатые, короткопризматические. Простые формы: {100}, {010}, {011}, {120}, {111}. Характерны тройники по призме {031}, напоминающие гексагональные монокристаллы, и друзы. Агрегаты зернистые.

Прозрачный, полупрозрачный (цимофан). Цвет зеленовато-желтый, интенсивно зеленый, желтовато-серый, коричневый, фиолетовый, красный, красно-фиолетовый, бесцветный (редко). Разнов.: александрит — изумрудно-зеленый, голубовато-зеленый, бледно-зеленый при дневном освещении и фиолетовый до красного и пурпурного при электрическом освещении; цимофан — желто-зеленый, желтый и желто-коричневый с эффектом кошачьего глаза. Желто-зеленый цвет обусловлен присутствием Fe^{3+} , л. абс. (нм): 445, 485, 495, 504 [49], 435, 621 [30], изменение зеленого цвета александрита на красно-фиолетовый при различном освещении связано с присутствием Cr^{3+} , л. абс. (нм): красное направление $N_g - 540, 645, 678,5, 680,5$, $N_p -$ зеленое направление: 555, 640, 645, 649, 655, 678,5, 680,5, общее поглощение ниже 470, 649, 655 дуглет 680,5, 687,5 [49]. В УФ-лучах желто-зеленые разнов. инертны, александрит — слабо красный (253 нм), бледно-зеленый, желто-зеленый и красный (365 нм). Бл. стеклянный. Двуосный. $2V = +70^\circ$, $n_g = 1,753-1,758$, $n_m = 1,747-1,749$, $n_p = 1,744-1,747$ (александрит), $n_o = 1,755-1,759$, $n_m = 1,748-1,753$, $n_p = 1,745-1,749$, $n_g - n_p = 0,008-0,010$. Дисперсия показателей преломления 0,015. Плеохроизм: желтовато-зеленые цвета — в желтых и коричневых тонах; александрит: $N_g -$ красный, $N_m -$ оранжевый, $N_p -$ зеленый. Тв. 8,5.

Хрупкий. Сп. совершенная по {110}, несовершенная по {010} и {001}. Излом раковистый. Пл. 3,68—3,77 г/см³ (александрит), 3,64—3,77 г/см³.

Нахождение — пегматиты, контактово-пневматолитовые образования, россыпи (берилл, фенакит, флюорит, апатит). Местор.: СССР (Изумрудные копи), Бразилия (Минас-Жерайс), Шри-Ланка, Бирма, Перу, Австралия, Мадагаскар, Япония, Заир, США, Финляндия.

Издавна широко используется в ювелирном деле. При обработке применяются различные виды огранки. Цимофан обрабатывается в форме кабошонов, чтобы наилучшим образом вывить эффект кошачьего глаза. Диагностируют по форме кристаллов, высокой тв., пл., *n*, л. абс., изменению цвета при смене освещения (александрит), эффекту кошачьего глаза (цимофан). Александрит синтезируют.

Силикаты

ФЕНАКИТ Be₂[SiO₄]. Назв. от греч. «обманщик» из-за сходства с кварцем. Открыт Л. А. Перовским, описан Н. Норденшельдом в 1833 г. Триг. с. Кл. симм. ромбоэдрический. Пр. гр. R $\bar{3}$. $Z = 18$. $a_0 = 1,245$ нм, $c_0 = 0,823$ нм. Стр. островная.

Кристаллы ромбоэдрические, коротко- и длиннопризматические с большим количеством граней. На гранях ромбоэдра часто наблюдается штриховка. Двойники по (1010), друзы, шестоватые агрегаты, сферолиты [23]. Размеры кристаллов до нескольких сантиметров, редко до десятка сантиметров. Самый крупный 1470 кар.

Прозрачный. Бесцветный, иногда бледно-желтый, винно-желтый розоватый, бледно-красный, реже зеленовато-серый, или бурый. Окраска связана с наличием парамагнитного центра Be—O—Be [30]. Иногда наблюдается неравномерное распределение окраски. Винно-желтая окраска на свету может обесцвечиваться. В УФ-лучах бледно-зеленый, голубоватый, светло-фиолетовый. Бл. стеклянный, жирный. Одноосный, положительный. $n_e = 1,669—1,670$, $n_o = 1,654$, $n_c - n_o = 0,015—0,016$. Дисперсия 0,015. Плеохроизм наблюдается в окрашенных кристаллах. Тв. 7,5—8. Хрупкий. Сп. по {11 $\bar{2}$ 0} ясная, по {10 $\bar{1}$ 1} несовершенная. Излом раковистый. Пл. 2,93—3,00 г/см³.

Нахождение — гранитные пегматиты, грейзены, гидротермальные образования и альпийские жилы (полевоы шпат, берилл, кварц, флюорит, изумруд, хризоберилл). Местор.: СССР (Урал), США (штаты Калифорния, Колорадо, Мэн), Норвегия (Крагеро), Франция, Швейцария, ЧССР, Танзания (Узугара), Намибия, Бразилия (Минас-Жерайс).

Использование в ювелирном деле ограничено. Прежде всего применяются как имитация бриллиантов, в связи с чем при обработке фенакиту придается бриллиантовая огранка. От кварца отличается наличием спайности, более высокими пл. и *n*, по

сравнению с топазом — ниже n , выше n , сравнительно с алмазом — ниже n и n . Включения: айкинит, слюда [47].

ХРИЗОЛИТ, ОЛИВИН $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$. Син. перидот. Промежуточный член непрерывного изоморфного ряда форстерит $Mg_2[SiO_4]$ — фаялит $Fe_2[SiO_4]$. Химический состав очень изменчив, ювелирные разновидности содержат не более 12—15% FeO. Назв. от греч. «золото» и «камень», оливин — от лат. «олива» из-за цвета. Примеси: Mn, Cr, Ca, Ni, Co. Ромб. с. Кл. симм. ромбобипирамидальный. Пр. гр. $Pbnm$. $Z = 4$. Стр. островная.

Кристаллы призматические. Простые формы: $\{010\}$, $\{110\}$, $\{021\}$. Двойникование по (100) и (011). Агрегаты зернистые, массивные.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет желтый разных оттенков, зеленый разных оттенков, желтовато-зеленый, желтовато-коричневый, оливковый, бурый. Окраска обусловлена Fe^{2+} и Fe^{3+} . Л. абс. (нм): 453, 473, 493, 529, 653. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный, жирный. Двуосный, $2V = \pm 86-132^\circ$. $n_g = 1,684-1,879$, $n_m = 1,664-1,869$, $n_p = 1,649-1,827$, $n_g - n_p = 0,035-0,040$. Плеохр.: $N_p - N_g$ — бледно-зеленый, бледно-желтый, бледный зеленовато-желтый, N_m — оранжево-желтый. Дисперсия 0,020. Тв. 6,5—7. Хрупкий. Сп. несовершенная по $\{010\}$ и $\{100\}$. Излом раковистый. Пл. от 3,19 до 4,15 г/см³ в зависимости от химического состава.

Нахождение — изверженные породы ультраосновного и основного состава (пироксены, лабрадор, лейцит, ильменит, хромит, пентландит и др.), кальцифиры (гранаты, пироксены, кальцит, доломит), кимберлиты (пироп), россыпи. Местор.: СССР (Бор-Уряхское, Кугдинское, трубка Удачная), США (штаты Калифорния, Массачусетс, Аризона и др.), АРЕ, ЮАР, Танзания, ГДР, ФРГ, Бирма, Норвегия, Мексика, Бразилия, Кения, Финляндия, Италия, Гренландия.

В ювелирном деле широко используется с древних времен. Обрабатывается различными видами огранки. Разности, обладающие эффектом кошачьего глаза, и звездчатые обрабатываются в виде кабошонов. Определяется по оптическим свойствам, высокому двупреломлению, хрупкости. От демантоида отличается меньшим показателем преломления, двупреломлением, л. абс., включениями.

ЦИРКОН $Zr[SiO_4]$. Назв. от арабск. или перс. «золотой цвет». Син.: энгельгардит, азорит, ауэрбахит (изл.). Описан А. Вернером в 1783 г. Примеси: Fe, Co, Al, TR, Hf, Sr, Sc, Th, U, Be, Ta, P и др. Тетр. с. Кл. симм. дитетрагонально-дипирамидальный. Пр. гр. $I4_1/amd$. $Z = 4$. $a_0 = 6,59 \text{ \AA}$, $c_0 = 5,94 \text{ \AA}$. При метамиктном превращении симметрия уменьшается.

Хорошо образованные кристаллы от длиннопризматических в гранитах и гранитных пегматитах до дипирамидальных в щелочных и метасоматических породах. Двойники по (101), коленчатые двойники, сноповидные и радиально-лучистые сростки. Размер кристаллов обычно небольшой — несколько милли-

метров (уникальный экземпляр — 3,5 кг). Масса самого крупного ювелирного качества циркона — 118,1 кар. (Шри-Ланка).

Прозрачный. Цвет красно-оранжевый, желто-, малиново-оранжевый, красный, коричнево-красный — гиацинт (устар, син.: перадоль); желтый, соломенно-желтый, дымчатый — жаргон (син.: цейлонский жаргон, сиамский алмаз); бесцветный — матура-алмаз (по назв. местности Маттураи на юге Шри-Ланка); небесно-голубой — старлит, или старлайт, обычно обработанный термически или термохимически (окраска неустойчивая, со временем исчезает); зеленый, коричнево-зеленый, сиреневый. «Гиацинтовая» окраска связана с комплексными центрами (Y, TR)O₂, в других разноокрашенных цирконах присутствуют центры, связанные с U⁴⁺, Nd³⁺, Nb⁴⁺ и др. [30]. Л. абс. (нм): бесцветный, голубой, красный — 653, 659; желтый — 681, 662, 669, 653, 589, 562, 537, 515, 484, 432; зеленый — 653, 520, после нагревания до 800 °С — 687, 668, 625, 589, 574, 560, 473, 451, иногда такие аномальные спектры могут наблюдаться и у природных камней.

При нагревании зеленые цирконы (Шри-Ланка) становятся более прозрачными и светлыми, красно-коричневые — бесцветными, голубыми или золотистыми. В УФ-лучах желтый, оранжевый. Часто фосфоресцирует. Бл. сильный стеклянный до алмазного, у метамиктных просвечивающих разностей — жирный до матового, на изломе до смолистого. Тв. 6,5—7,5. Хрупкий. Сп. несовершенная по {110} и {111}. Излом неровный, у метамиктных разностей — раковистый. Пл. (г/см³): зеленые, коричневые, оранжевые — 3,95—4,20; коричневато-зеленые и темно-коричневые — 4,08—4,60; бесцветные, голубые, коричнево-оранжевые — 4,6—4,8. Пл. уменьшается при метамиктных превращениях. Одноосный, положительный. Метамиктные, иногда аномально двуосные. 2V = до 10°. n_o = 1,78, n_e = 1,815, n_e — n_o = 0,008 — зеленый, коричневый, оранжевый; n_o = 1,830—1,930, n_e = 1,840—1,970, n_e — n_o = 0,008—0,043 — коричневато-зеленый, темно-красный; n_o = 1,920—1,940, n_e = 1,970—2,010, n_e — n_o = 0,036—0,052 — бесцветный, голубой, коричнево-оранжевый. Дисперсия 0,039. Плеохр. слабый, у красных цирконов красный — красно-коричневый, у коричневых красновато-коричневый — желто-коричневый. Наиболее отчетлив у термообработанных голубых цирконов: N_o — небесно-голубой, N_e — бесцветный.

Нахождение — кислые, щелочные породы и связанные с ними пегматиты — нефелиновые и щелочные сиениты, граниты, мариуполиты, альбититы, кимберлиты, сапфиросные щелочные базальты, сиенитовые миаскитовые пегматиты, циркон-сапфировые и цирконовые россыпи. Местор. ювелирного циркона известны в Бирме, Шри-Ланке, Таиланде, США (штаты Южная Дакота, Колорадо, Оклахома, Техас, Мэн и др.), КНДР, Бразилии, Канаде (провинции Квебек, Онтарио), Норвегии (Арендаль), Франции, Австралии, Танзании (Эмали), СССР (Урал — Ильменские горы, Якутия).

Как ювелирный камень известен с древних времен. Применяется и как имитация бриллианта. При обработке придается бриллиантовая, реже ступенчатая огранка. Менее прозрачные камни обрабатываются в виде кабошонов. Циркон необходимо отличать от алмаза (у последнего более высокие тв. и n , ниже пл.), титанита (ниже тв. и пл.), синхалита (ниже тв., пл., n), касситерита (выше пл.), демантоида (изотр.), хризолита (ниже тв. и n), синтетических рутила (выше n , сильная игра), корунда (выше тв., ниже n), шпинели (изотр., выше тв., ниже пл., n). В цирконах наблюдаются трещины, декорированные гидроксидами Fe, шелк, ГЖВ, дактилоскопические текстуры. При диагностике циркона следует помнить об очень высоком двупреломлении, благодаря чему даже при небольшом увеличении можно наблюдать удваивание ребер нижних граней, если смотреть через площадку ограненного кристалла.

ГРАНАТЫ. Назв. от лат. «подобны зернам гранатового дерева». Син.: вениса (устар.). Группа минералов с общей формулой $A_3^{2+}B_3^{3+}[\text{SiO}_4]_3$, где A — Mg, Ca, Mn, Fe^{2+} ; B — Fe^{3+} , Cr, Ti. По составу и первым буквам минералов выделяются две подгруппы, внутри которых происходят изоморфные замещения, между подгруппами изоморфизм ограничен: 1) пиральспиты — пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, спессартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$; уграндиты — уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$, андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$. Куб. с. Кл. симм. гексоктаэдрический. Пр. гр. $Ia\bar{3}d$. $Z = 8$. Стр. островная. Кристаллы — ромбододекаэдры, тетрагонтриоктаэдры; встречаются сростки, щетки, плотные массы.

Прозрачные, полупрозрачные, просвечивают в тонких сколах, непрозрачные. Цвет: пироп — красный, фиолетово-красный, оранжевый с александритовым эффектом (изменяет окраску при дневном и искусственном освещении); альмандин — малиново-красный, коричнево-красный, красный; спессартин — оранжево-красный, розовый, желто-коричневый; уваровит — изумрудно-зеленый; гроссуляр — зеленый; андрадит — красный, черный. Физические свойства изменяются в зависимости от хим. состава. Бл. стеклянный до алмазного, на изломе — стеклянный или жирный. $n = 1,705$ — $1,895$. Дисперсия $0,022$ — $0,057$. Иногда наблюдается аномальное двупреломление. Тв. $6,5$ — $7,5$. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. $3,4$ — $4,2$ г/см³.

Нахождение — магматические, контактово-метасоматические, метаморфические образования, россыпи.

Используются в ювелирном деле очень широко (бусы, кольца, серьги и т. д.). Обрабатывается гранями, в виде кабошонов, шлифуется. Характер огранки определяется цветом, прозрачностью, качеством и размером исходного материала.

Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Назв. от греч. «подобный огню» из-за ярко-красного цвета. Впервые описан А. Вернером в 1803 г. Син.: карбункул, богемский, капский, аризонский, колорадский,

американский рубин, эли-рубин, канди-шпинель (устарев.). Примеси: Са, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Сг. $a_0 = 1,146$ нм. Округлые зерна, реже правильные кристаллы.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет розовый, оранжевый, красный, малиновый, вишневый, фиолетовый. Окраска связана с Cr^{3+} , в меньшей степени с Fe^{3+} . Иногда встречаются гранаты с александритовым эффектом: зеленые при дневном, красные при искусственном освещении (связан с Cr^{3+} в присутствии Ca^{2+}); зеленовато-голубые при дневном, красные или карминово-красные при искусственном освещении (связан с Cr^{3+} или V^{3+} в присутствии Mn^{2+}); голубые, синие, фиолетово-синие при дневном, фиолетово-красные при искусственном освещении (связан с высоким содержанием Cr_2O_3 до 5%). Л. абс. (нм): 687, 685, 671, 650, 575. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Изотропный. $n = 1,705-1,785$. Дисперсия 0,022. Тв. 7—7,5. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. 3,65—3,87 г/см³.

Нахождение — эклогиты, кимберлиты, гранатовые перидотиты, пироксениты, базальтовые брекчии, аллювиальные и элювиально-делювиальные россыпи. Местор.: СССР (трубки Мир, Удачная), ЧССР, ЮАР, Заир, Танзания, США (штаты Аризона, Колорадо, Юта, Нью-Мексико, Арканзас), Бразилия, Аргентина, Австралия, Норвегия.

Используется издавна очень широко в различных ювелирных изделиях. От рубина и шпинели отличается отсутствием люминесценции и дупреломления, меньшей тв., характерной л. абс. 540 нм; от турмалина — отсутствием дихроизма и дупреломления, более высоким n ; от имитаций — по физическим свойствам и характерным включениям.

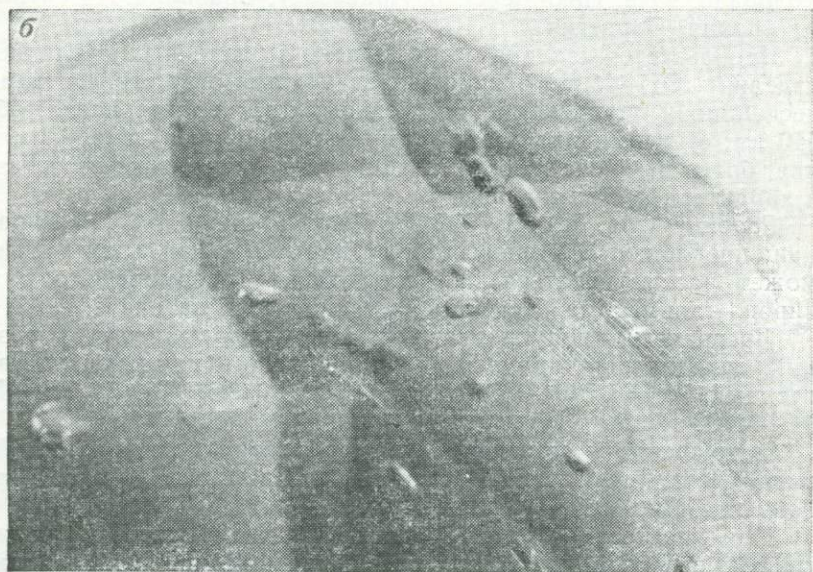
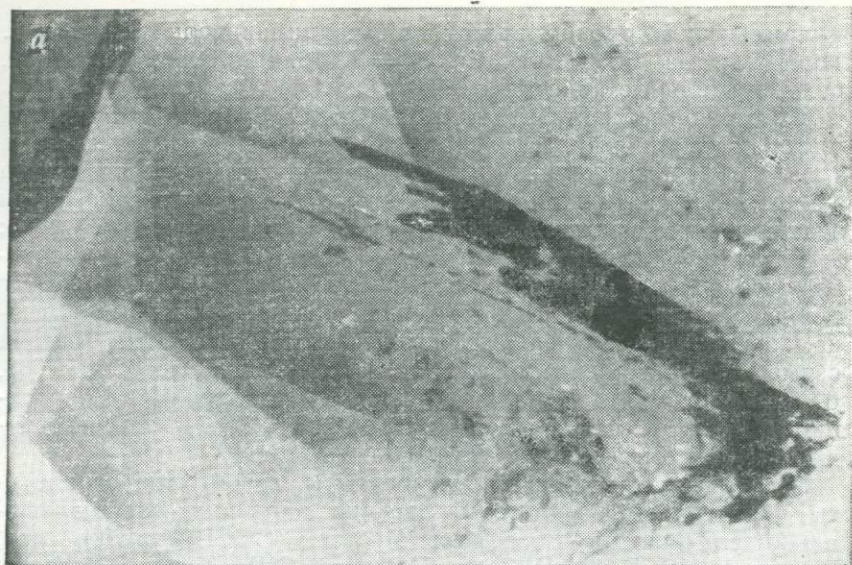
Родолит $(Mg, Fe)_3Al_2[SiO_4]_3$. Разнов. пироба. Син.: пирандин; предложен Б. Андерсоном в 1959 г. в связи с тем, что он может рассматриваться как средний член изоморфного ряда пироб — альмандин. Назв. от греч. «роза» из-за цвета.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет розовый, лилово-розовый, определяется примесью альмандинового компонента. Изотропный. $n = 1,745-1,761$. Дисперсия 0,026. Тв. 7—7,5. Пл. 3,79—3,93 г/см³.

Нахождение — метаморфические гиперстеновые сланцы. Местор.: США (шт. Северная Каролина), Шри-Ланка, Мадагаскар, Танзания, Зимбабве.

При диагностике обнаруживает сходство с рубином (анизотропен, выше тв., обладает плеохроизмом), шпинелью (ниже пл., n), турмалином (анизотр., ниже n и пл., обладает плеохроизмом), различными синтетическими материалами. Характерны включения апатита.

Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$. Назв. по месту находки — Алабанда. Малая Азия, где в давние времена обрабатывали гранаты. Впервые описан Агриколой в 1546 г. Син.: карбункул, антракс, карфукельштейн, восточный гранат, сирамский гранат (устар.). Примеси: Mg, Mn, Са, $a_0 = 1,153$ нм. Хорошо образо-



ванные кристаллы — ромбододекаэдры, тригонтриоктаэдры, часто со штриховкой на гранях.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет фиолетово-красный (сирий), красный с коричневым оттенком (фалум), густо красный, почти черный (обыкновенный гранат). Окраска обусловлена Fe^{2+} . А. абс. (нм): 393, 404, 428, 438, 462, 476, 505, 527, 576, 617. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Изотр., иногда

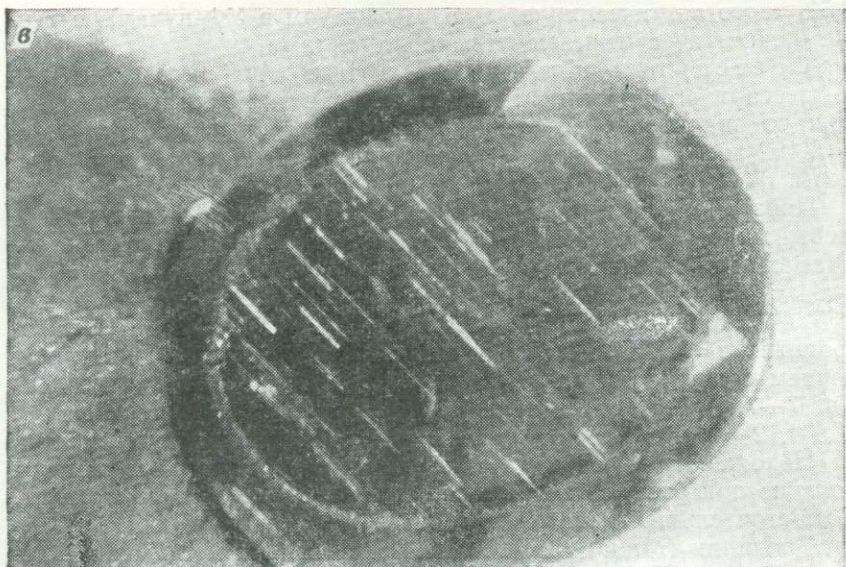


Рис. 13. Включения в алмадине:

а — роговой обманки, ильменита и биотита; б — апатита; в — рутиловая сетка

аномально анизотр. $n = 1,780 - 1,810$. Дисперсия 0,024. Тв. 7,5. Сп. несовершенная. Излом неровный. Хрупкий. Пл. $3,95 - 4,20 \text{ г/см}^3$.

Нахождение — эффузивы среднего и кислого состава (рутил, брукит, магнетит, шпинель, биотит, кварц); микроклиновые мусковит-берилловые пегматиты (полевые шпаты, кварц, мусковит, турмалин — шерл); кристаллические сланцы и гнейсы алмадин — амфиболитовой фации (силлиманит, мусковит, биотит, кианит, ставролит, магнетит, рутил); элювиальные, аллювиальные, прибрежно-морские россыпи. Местор.: СССР, Шри-Ланка (Дунбара, Ратнапура), Индия (Хазарибаг, Аравелли), Бразилия, США (штаты Колорадо, Южная Дакота, Мичиган, Аляска и др.), Канада, Австрия, Танзания, Замбия.

Используется с древних времен в различных украшениях: кольцах, брошах, серьгах, кулонах, бусах. Обрабатывается гранями, в форме кабошонов. Распространена древняя огранка «блюдечком» для повышения прозрачности. При диагностике следует обращать внимание на довольно высокие значения n и пл., оптический характер, характерные включения (рис. 13): роговая обманка (иногда образует сетки, шелк и астеризм подобно рутилу в корундах), биотит, апатит, циркон, флюорит, кварц, шпинель, рутил, кордиерит. В ограненном виде не путать с пиропом (у последнего более низкие значения n и пл.), рубином (анизотр., выше тв., ниже n , с дихроизмом, обычно с красной люминесценцией в УФ-лучах), шпинелью ($n = 1,728$, пл.

3,53, часто люминесцирует красным цветом в УФ-лучах), а также с синтетическими веществами и стеклами.

Спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$. Назв. по месту находки (Шпессарт в Баварии). Примеси Ca, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Y, Nd. Разнов. со значительным содержанием Fe^{2+} — эспессандит. $a_0 = 1,162$ нм. Кристаллы — ромбододекаэдры, тетрагонтриоктаэдры.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет оранжевый, красно-оранжевый, желто-оранжевый, желто-коричневый. Эспессандит — красновато-оранжевый, красновато-коричневый. Окраска связана с Mn^{2+} и Fe^{2+} . Л. абс. (нм): 495, 485, 482, 475, 462, 457, 455, 440, 435, 432, 424, 412, 406, 394. В УФ-лучах инертен. Изотропный. $n = 1,790-1,820$ (увеличение n наблюдается с увеличением содержания алмандинового минала). Дисперсия 0,027. Тв. 7—7,5. Сп. несовершенная. Излом неровный, раковистый. Пл. 4,12—4,20 г/см³.

Нахождение — спессартин ювелирного качества извлекается попутно при разработке редкометальных гранитных пегматитов. Самостоятельных местор. не образует. Встречается в Шри-Ланке, Бразилии (Минас-Жерайс), США, на Мадагаскаре, в Норвегии, Швеции, Мексике, Италии, СССР (Урал, Забайкалье).

Используется как ювелирный камень в украшениях. Характер огранки определяется цветом, прозрачностью и качеством исходного материала. При диагностике можно спутать с гессонитом (отличается прежде всего по характеру включений), цирконом (анизотр., сильно двупреломляющий, с высокой дисперсией), титанитом (анизотр., с сильным двупреломлением, тв. 5, пл. 3,53 г/см³), турмалином, цитрином, бериллом (анизотр., ниже плотность и показатели преломления), синтетическими камнями. Для спессартина характерны жидкие включения.

Уваровит $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$. Назв. по имени одного из президентов Российской Академии наук графа С. С. Уварова (1786—1855). Син.: уральский изумруд, в связи с местом находки (впервые были описаны образцы с Урала в 1822 г. Г. И. Гессом) и сходством цвета с изумрудом (устар.). Примеси: Mg, Al, Fe^{2+} , Fe^{3+} . $a_0 = 1,20$ нм. Мелкозернистые агрегаты, шетки с размером кристаллов обычно не более 2—3 мм, редко более крупные — до 1,5 см (Финляндия).

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет изумрудно-зеленый, обусловлен Cr^{3+} в шестерной координации. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Изотр. $n = 1,740-1,870$. Дисперсия 0,026. Тв. 7,5. Сп. несовершенная. Пл. 3,40—3,80 г/см³.

Нахождение — ультраосновные породы (хромит, хромовые хлориты). Местор.: СССР (Урал), США (шт. Орегон), Канада, Финляндия, Норвегия.

Применяется обычно в виде шеток в брошах, кольцах, браслетах. Крупные кристаллы ограняются. Коллекц. минерал. Имеет сходство с изумрудом, хромдиопсидом (последний анизотр., имеет ниже n и пл.), хризопразом (ниже n , пл.).

Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Назв. от лат. наименования крыжовника по сходству с цветом его ягод. Первые найден К. Лаксманом в Сибири в 1790 г., описан А. Вернером в 1808 г. Примеси: Mn, Fe^{2+} , Fe^{3+} , V. $a_0 = 1,185$ нм. Хорошо образованные кристаллы — ромбододекаэдры.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах, полупрозрачный, прозрачный. Цвет зеленый, желтовато-зеленый, белый. Разнов.: гессонит (эссонит, син.: коричный камень) — прозрачный медово-желтый, медово-оранжевый, коричнево-красный, желтый; тсаворит (тзаворит, цаворит) — прозрачный бесцветный, бледно-зеленый; лейкогранат — бесцветный; малайя — красно-коричневый, бледно-розовый; розолит (син.: ландерит, ксалостодит) — розовый. Зеленая окраска связана с Fe^{3+} и V^{3+} (тсаворит), коричнево-красная — с Fe^{3+} (гессонит), розовая — с Mn^{3+} (розолит). Л. абс.: 630 нм. В УФ-лучах все разнов. гроссуляра инертны, тсаворит иногда золотисто-желтый, желтый, оранжевый. Бл. стеклянный. Изотропный. Часто наблюдается аномальное двупреломление. $n = 1,731-1,748$. Дисперсия 0,027. Тв. 7—7,5. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. 3,50—3,75 г/см³.

Нахождение — скарны, россыпи. Местор.: СССР, Индия, Пакистан, Бразилия, Швейцария, Шри-Ланка, Танзания, Кения, Канада, Мексика, США. Гессонит — СССР (Урал, Средняя Азия), Швейцария, Шри-Ланка; тсаворит — Кения, Танзания; лейкогранат — Канада, Мексика, США (шт. Калифорния); розолит — Мексика.

Использование гроссуляра в ювелирном деле ограничено. Прозрачные разновидности широко используются в украшениях. Обрабатываются гранями, в виде кабошонов. Гессонит можно спутать с цирконом (выше тв., пл., анизотр.), некоторыми другими красными гранатами (особенно альмандином). В гессоните часто наблюдаются включения диопсида, циркона и непрозрачных минералов.

Андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$. Назв. в честь бразильского минералога Дж. д'Андрада Сильвы (1763—1838), изучившего и описавшего его. Примеси: Mn, Mg, Fe^{2+} , Cr, Ti, Y, Zr, Sn. Разнов.: демантоид, топазолит, меланит (син.: шорломит). $a_0 = 1,205$ нм. Хорошо образованные кристаллы — ромбододекаэдры.

Прозрачный (демантоид, топазолит), просвечивает в тонких сколах, непрозрачный (меланит). Цвет красный, черный (меланит или шорломит), связан с Fe^{3+} , зеленый, обусловлен присутствием Fe^{3+} и Cr^{3+} (демантоид), желтый (топазолит). В УФ-лучах инертен. Изотропный. $n = 1,840-1,890$. Дисперсия 0,057. Бл. стеклянный, алмазный. Тв. 7—6,5. Хрупкий. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. 3,75—3,85 г/см³.

Нахождение — скарны, серпентинизированные ультраосновные породы, россыпи. Местор.: СССР, США, Гренландия, Норвегия, Швеция, КНДР, Заир, Конго, Швейцария, Шри-Ланка, ВНР, Италия.

Собственно андрадит в ювелирном деле применяется довольно редко. В основном используются его разновидности: демантоид и топазолит. Меланит применяют в траурных ювелирных изделиях.

Демантоид — разнов. андрадита. Назв. от нем. «алмаз» из-за сильного блеска и игры. Син.: уральский хризолит, уральский изумруд, сибирский хризолит, бобровский изумруд (устар.). Мелкие округлые и овальные камни. Самый крупный — 252,5 кар. (Урал).

Прозрачный. Цвет зеленый различных оттенков: желтовато-, фисташково-, изумрудно-, коричнево-зеленый, обусловлен Fe^{3+} и Cr^{3+} . Л. абс. (нм): 701, 693, 640, 622, 485, 464, 443. Известны находки демантоида, обладающие эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах инертен. Бл. алмазный. Изотр. $n = 1,888 - 1,889$. Дисперсия 0,057. Тв. 6,5—7. Хрупкий. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. 3,82—3,85 г/см³.

Нахождение — серпентинизированные ультраосновные породы (магнетит, антигорит, хризотил-асбест, серпофит, арагонит, кальцит, магнезит), россыпи. Местор.: СССР (Бобровское, Полдневское), Италия, Заир, ГДР, Конго, Швейцария, ВНР, США.

Является наиболее ценным ювелирным камнем из группы гранатов. Используется в подвесках, ожерельях, реже в кольцах. При обработке придается бриллиантовая или ступенчатая огранка. Дефектные камни обрабатываются в форме кабошонов. При диагностике демантоид отличается от похожего по цвету хризолита высоким n , сильной игрой, характерными включениями биссолита, наблюдающегося в виде волосовидных образований — единичных или скоплений, пучков, «солнц» (рис. 14). Под фильтром Челси демантоид, содержащий значительное количество Cr^{3+} , имеет красный цвет.

Топазолит — разнов. андрадита. Назв. по сходству с цветом топаза. Редкий. Отдельные мелкие зерна, щетки. Прозрачный. Цвет желтый, лимонно-, золотисто-, медово-желтый. В УФ-лучах инертен. Оптически изотр. $n = 1,84 - 1,89$. Бл. алмазный. Тв. 6,5—7. Хрупкий. Сп. несовершенная. Излом неровный. Пл. 3,75—3,85 г/см³. Известны находки в Швейцарии, Италии.

В обработанном виде применяется редко. Является в основном коллекц. камнем, но при огранке очень эффектен, благодаря сильному блеску и игре.

Гидрогроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_2(OH)_4$. Описан Ф. Корну в 1905 г. Назв. дано по составу. Син.: трансваальский жад, гранатовый жад. Примеси: Сг, Мп. Куб. с. $Z = 8$. $a^0 = 1,216$ нм. Стр. островная. Массивные плотные агрегаты.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах, иногда полупрозрачный. Цвет зеленый (связан с Cr^{3+}), белый, розовый (связан с Mn^{3+}). В рентгеновских лучах светится желто-зеленым цветом. Бл. стеклянный, матовый. $n = 1,70 - 1,74$. Тв. 6—7. Пл. 3,45—3,56 г/см³.

Нахождение — контакты эффузивов. Местор.: СССР (Казах-

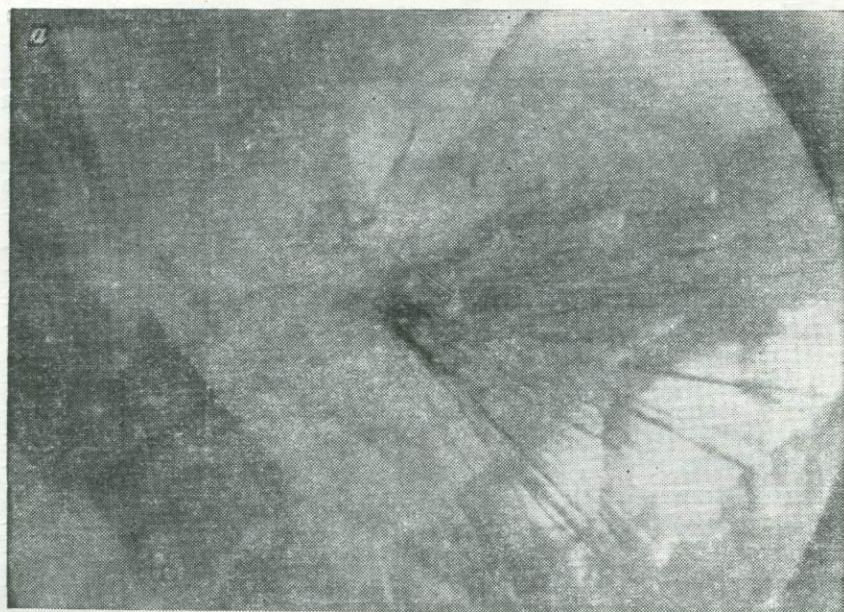


Рис. 14. Включения биссолита в демантоне:

а — радиально-лучистые скопления биссолита («солнце»); *б* — параллельное расположение включений биссолита

стан, Восточная Сибирь, Грузия), Новая Зеландия, Пакистан.

Применяется как поделочный, реже ювелирный (в бусах, браслетах и др.) камень. Используется также родингит — порода желтого цвета, состоящая из гидрогроссуляра. От нефрита и жадеита отличается изотр., более высоким n , от серпентина большей тв.

ТИТАНИТ $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$. Назв. по составу. Син.: сфен (назв. по форме кристаллов от греч. «клин»). Впервые описан в 1795 г. Примеси: TR, Al, Fe, Sn, Nb. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/a$. Стр. островная. $Z = 4$. $a_0 = 0,707$ нм, $b_0 = 0,872$ нм, $c_0 = 0,657$ нм, $\beta = 119,7^\circ$. Кристаллы призматические, таблитчатые, в виде конвертообразных призм. Простые формы: $\{110\}$, $\{111\}$, $\{001\}$, $\{100\}$. Двойники. Массивные, зернистые агрегаты.

Прозрачный. Бесцветный, желтый, зеленый, коричневый, голубой, розовый, розово-красный, серый, черный. Окраска связана с Ti^{3+} (розовый), с Cr^{3+} и V^{3+} (зеленый). Л. абс. (нм): 590, 686, 582, 580, 575, 534, 530, 528. В УФ-лучах инертен. Бл. алмазный, жирный. Двуосный. $2V = +17-40^\circ$, $n_x = 1,943-2,110$, $n_m = 1,870-2,040$, $n_p = 1,843-1,950$, $n_g - n_p = 0,100-0,192$. Дисперсия 0,051. Плеохр.: N_p — бледно-желтый, N_m — коричнево-желтый, N_g — оранжево-желтый, зеленый, бесцветный, голубой. Тв. 5—6. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{110\}$. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,29—3,56 г/см³.

Нахождение — ийолиты, сиениты, аксессуарный минерал магматических и метаморфических пород, накапливается в россыпях (нефелин, эгирин, полевые шпаты, циркон, апатит и др.). Местор.: СССР (Урал, Кольский п-ов), Бразилия (Минас-Жерайс), Швейцария, Австрия, Канада (пров. Онтарио), Мадагаскар, Бирма, Индия, США (штаты Калифорния, Нью-Йорк).

Используется как оригинальный ювелирный камень с очень высокой дисперсией (игрой) и бл., часто как имитация бриллианта. При обработке придаются бриллиантовая, ступенчатая, кабошон, фантазийная и комбинированная огранки. Диагностируется по сильному алмазному бл., сильной «игре», низкой тв. и сильному двупреломлению (через кристалл наблюдается удваивание ребер, трещин и включений). Похож на циркон (у последнего выше тв.), бриллиант (выше тв., часто наблюдается люминесценция в УФ-лучах, оптически аномально анизотр.) и др.

ТОПАЗ $\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2[\text{SiO}_4]$. Согласно одной версии назв. по о. Топазос, расположенному в Красном море, согласно другой — от санскр. «огонь». В минералогии описан в 1636 г. Примеси: Fe, K, Na, Ca, Mg, Cr, Ti, V, Ge. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-дипирамидальный. Пр. гр. $Pbnm$. $Z = 4$. $a_0 = 0,46469$ нм. $b_0 = 0,87968$ нм, $c_0 = 0,83909$ нм. Стр. островная.

Кристаллы призматической формы, наиболее распространены формы: $\{110\}$, $\{120\}$, $\{121\}$, $\{041\}$, $\{111\}$, $\{223\}$, $\{001\}$ и др. Выделяют типы кристаллов: мурзинский — почти изометричные

с хорошо развитой призмой {120} и пинакоидом {001}; ильменский — бочонковидные с хорошо развитой призмой {110} и пинакоидом, суженными дипирамидами {223} и {112}; адунчолонский (шерловогорский) — с хорошо развитыми призмами {110}, {120} и {130}, без пинакоида; коростеньский — с хорошо развитыми призмами {110} и {120}, без пинакоида. Размер кристаллов до сотен килограммов: на Украине 117 кг (Ю. Г. Сорокин, А. И. Перегуда, А. И. Береговенко), в Бразилии 166 кг.

Прозрачный. Бесцветный, голубой (связан с R -центром, представляющим собой пару анионных вакансий с одним или двумя электронами), зеленый, желтовато-, голубовато-зеленый (связан с присутствием R - и F -центра; последний представляет собой вакансию фтора или гидроксила, захватившую электрон), дымчатый, светло-коричневый (связан с O^- или SiO_4^{3-}), желтый (связан с O^- в топазах, содержащих Cr^{3+}), золотисто-желтый (связан с F -центром в топазах, обогащенных гидроксидом), оранжевый, красно-оранжевый до красного (обусловлен присутствием F -центра с Cr^{3+}), розовый (связан с F -центром в топазах, обогащенных фтором), красновато-коричневый — «винный» (обусловлен присутствием O^- и F -центра), фиолетовый (связан с Cr^{3+}). Энергия полос поглощения (cm^{-1}): «дымчатый центр» (O^- или SiO_4^{3-}) — 32 000, 26 500 (устойчив до 150°), «желтый центр» (F -центр в ОН-топазах) — 24 800, 24 200, 23 700 (устойчив до $400^\circ C$), Cr^{3+} (переход ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^5T_{1g}$) — 26 000, 25 700, 23 800 (при нагреве не исчезает), «розовый центр» (F -центр в F -топазах) — 22 600 (устойчив до $200-250^\circ C$), Cr^{3+} (переход ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$) — 18 900, 18 400, 17 500 (при нагревании не исчезает), «голубой центр» (R -центр) — 15 300 (устойчив до $450-500^\circ C$), Cr^{3+} (R -линии) — 14 600, 14 300 (при нагреве не исчезает) [30]. Изменение окраски: можно наблюдать обесцвечивание при нагревании и воздействии света у желтых, фиолетовых, красновато-желтых, красновато-коричневых топазов, появление розовой окраски в результате нагревания у коричневых и желтых топазов, появление коричневой окраски в результате облучения у бесцветных топазов, появление голубой окраски в результате облучения и последующего нагревания у бесцветных топазов, усиление интенсивности желтой окраски в результате облучения у желтых топазов. В УФ-лучах [42, 16] голубые и бесцветные топазы — слабо желтоватые и зеленоватые (365 нм), розовые, коричневые, вино-желтые — оранжево-желтые (365 нм) более бледные или инертные (254 нм). Бл. стеклянный. Двусный. $2V = +45 - 66^\circ$. $n_g = 1,618 - 1,643$, $n_m = 1,610 - 1,636$, $n_p = 1,607 - 1,632$, n увеличивается с увеличением группы (ОН) в формуле $n_g - n_p = 0,003 - 0,011$. Дисперсия 0,014. Плеохр. слабый: у голубых, особенно с зеленым оттенком (тем отчетливее, чем ярче зеленый оттенок) — голубой, бесцветный, голубовато-зеленый, темно-желтый, красно-желтый; у розовых и красных — темно-красный, желтый, розово-красный или розовый; в

желто-коричневых и коричневых тонах — у коричневых; у желтых — бесцветный или голубовато-зеленый, зеленый, бесцветный. Тв. 8. Сп. совершенная по {001}. Излом раковистый. Пл. 3,49—3,57 г/см³. Электризуется от трения, сжатия и нагревания.

Нахождение — миароловые (камерные и занорышевые) микроклиновые пегматиты (морнион, дымчатый кварц, альбит, микроклин), гидротермальные (поствулканические) образования в кислых эффузивах (кальцит, флюорит, гематит, гранат), элювиальные и элювиально-делювиальные россыпи. Местор.: СССР (Адун-Чолонское, Алабашско-Мурзинское, Кибиревские, Семёновские копи, Украинское), Мадагаскар, Бразилия, США (штаты Колорадо, Нью-Гемпшир, Техас), Пакистан, Мексика, Нигер, Шри-Ланка, Бирма, Австралия, Намибия, Великобритания.

Используется в ювелирном деле издавна очень широко. Обрабатывается в виде овала, применяется бриллиантовая и изумрудная огранка, резьба по камню. При диагностике важное значение имеют газовые, жидкие и газовой-жидкие включения, наблюдаемые в виде отдельных пузырьков или расположенные в каналах. Среди твердых включений отмечаются флюорит, криолит, галит, сильвин, протолитионит, турмалин и др. [24]. Диагностическими признаками являются высокая тв. и совершенная сп. Топазы различного цвета можно спутать с корундом природным и синтетическим — рубином и сапфиром (у последних выше тв., пл. и *n*, несовершенная сп.), турмалином (у топаза в отличие от него совершенная сп., люминесценция в УФ-лучах), бериллом — аквамаринном, гелиодором, воробьевитом (у последнего несовершенная сп., ниже тв., и, в большинстве случаев, *n*), кварцем (отсутствует сп., ниже тв., пл., *n*, отсутствует люминесценция), кунцитом (отчетливее плеохроизм, выше *n*, ниже пл. и тв.), а также фенакитом, флюоритом, данбурином, шпинелью природной и синтетической, апатитом, бразилианитом, хризобериллом, алмазом, цирконом и др., от которых отличается по физическим свойствам.

ДИСТЕН $Al_2O_3[SiO_4]$. Назв. от греч. «двойко» и «сопротивление» из-за различной тв. по двум направлениям. Описан в 1790 г. А. Вернером. Син.: кианит, баус (устар.). Примеси: Fe, Cr, Ca, Mg, Ti. Трикл. с. Кл. симм, пинакоидальный. Пр. гр. $P \bar{1}$. $Z = 4$. $a_0 = 0,710—0,712$ нм, $b_0 = 0,771—0,785$ нм, $c_0 = 0,557$ нм, $\alpha = 89,95^\circ$, $\beta = 101,2^\circ$, $\gamma = 105,96^\circ$. Стр. островная.

Кристаллы: столбчатые, призматические, игольчатые, дощатые. Простые формы: {100}, {010}, {001}. Часто двойники по {100}, двойники сдвига с плоскостью скольжения {001}. Агрегаты радиально-лучистые, зернистые, выделения волокнистые, листоватые, лучистые.

Непрозрачный, просвечивающий в тонких сколах. Цвет голубой, синий, зеленый, желтый, бесцветный, серый, белый. Голубой и синий цвет обусловлен Fe^{2+} и Fe^{3+} , в синих разностях

присутствует Ti^{3+} , л. абс. 606 нм. Голубой цвет образца кианита из Бразилии связан с присутствием Cr^{3+} , л. абс. (нм): 581, 390. Зеленая окраска обусловлена присутствием Fe^{3+} , л. абс. (нм): 925, 625, 444, 425, 377, 370 [31]. Бл. стеклянный, перламутровый. Двуосный, $2V = -82-83^\circ$. $n_g = 1,722-1,734$, $n_m = 1,721-1,723$, $n_p = 1,710-1,718$, $n_g - n_p = 0,015$. Тв. 4,5—7 в различных направлениях. Хрупкий. Сп. совершенная по {100} и средняя или несовершенная по {010} и {001}. Излом волокнистый. Пл. 3,5—3,7 г/см³.

Нахождение — метаморфические образования (ставролит, андалузит, мусковит, парагонит, биотит, гранат, корунд, рутил, цоизит, графит, кварц и др.). Местор.: СССР (Семиз-Бугу в Казахстане, Борисовское на Урале, Забайкалье), ГДР, США (шт. Калифорния), Индия и др.

Используется в ювелирном деле ограниченно. Красиво окрашенные разности ограничены для вставок в кольца, серьги. Диагностируют по оптическим свойствам, ярко выраженной анизотропии, тв.

АНДАЛУЗИТ $Al_2O_3[SiO_4]$. Назв. по месту первой находки в Андалузии (Испания). Примеси: Fe, Mn. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pnnm$. $Z = 4$. $a_0 = 0,779$ нм, $b_0 = 0,790$ нм, $c_0 = 0,556$ нм. Стр. островная.

Кристаллы призматические, столбчатые. Простые формы: {110}, {101}, {001}. Агрегаты массивные, зернистые, лучистостоватые.

Прозрачный, полупрозрачный. Бл. стеклянный. Цвет — бесцветный (редко), серый, желтый, коричневый, розовый, фиолетовый, зеленый (виридин, содержит Mn). Л. абс. (нм): 455, 495, 518, 547, 550, 553.

Хиастиолит — разнов. серого цвета с включениями углистого вещества, которое располагается по определенным направлениям. В поперечных сечениях кристаллов эти включения образуют форму креста. В УФ-лучах зеленый, желто-зеленый, коричневый (254 нм), инертен (365 нм). Двуосный, $2V = -73-86^\circ$, $n_g = 1,638-1,650$, $n_m = 1,633-1,644$, $n_p = 1,629-1,640$, $n_g - n_p = 0,007-0,011$. Для виридина $n = 1,66-1,69$. Дисперсия 0,016. Плеохр. интенсивный, обычно желтый, зеленый, красный. Тв. 7,5—6,5. Хрупкий. Сп. ясная по {110}. Излом неровный. Пл. 3,10—3,20 г/см³.

Нахождение — метаморфические породы (углистые, глинистые сланцы), россыпи (гранаты, корунд, дистен). Местор.: СССР (Казахстан, Забайкалье), США (штаты Калифорния, Южная Дакота и др.), Бразилия, Бирма. Используется в ювелирном деле ограниченно.

СИЛЛИМАНИТ $AlO[Al SiO_4]$. Назв. в честь амер. минералога Б. Силлимана (1779—1864). Описан в 1924 г. Н. Боуэном. Примеси: Fe^{3+} . Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pbnm$. $Z = 4$. $a_0 = 0,743$ нм, $b_0 = 0,758$ нм, $c_0 = 0,574$ нм. Стр. островная.

Призматические кристаллы. Агрегаты плотные лучистые и волокнистые (фибrolит).

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, синий, голубой, фиолетово-синий, светло-желтый, светло-зеленый, коричневый, белый, серый. Фибrolит может обладать эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах обычно инертен, слабый красноватый (разности синего цвета). Бл. стеклянный, шелковистый. Двуосный, $2V = +21-30^\circ$. $n_g = 1,673-1,683$, $n_m = 1,658-1,662$, $n_p = 1,654-1,661$, $n_g - n_p = 0,020$. Дисперсия 0,015. Плеохр. интенсивный: N_g — коричневый, синий, N_m — коричневый, зеленоватый, N_p — светло-коричневый, светло-желтый, зеленый. Тв. 6—7,5. Хрупкий. Сп. совершенная по {010}. Излом неровный. Пл. 3,23—3,27 г/см³. В плотных разностях 3,14—3,18 г/см³.

Нахождение — регионально-метаморфические (кристаллические сланцы) и контактово-метаморфические образования (андалузит, шпинель, корунд, кордиерит и др.). Местор.: СССР (Кольский п-ов), Шри-Ланка, Бирма, Кения, Индия, США (штаты Южная Дакота и др.), Канада, ЧССР, Франция, Бразилия, Мадагаскар, Зимбабве, Мозамбик, ЮАР.

Использование в ювелирном деле ограничено. Прозрачные камни обрабатываются разными видами огранки, волокнистые разности, обладающие эффектом кошачьего глаза, — в форме кабошонов.

СТАВРОЛИТ $FeAl_4(OH)_2[SiO_4]_2$. Назв. от греч. «крест» из-за крестообразных двойников. Примеси: Mn, Ni, Co, Nb. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/m$. $Z = 1$. $a_0 = 0,782$ нм, $b_0 = 1,652$ нм, $c_0 = 0,563$ нм. $\beta = 90^\circ$. Стр. островная.

Кристаллы призматические. Простые формы: {110}, {010}, {001}. Характерны крестообразные двойники.

Прозрачный (редко), полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет коричневый, черно-, темно-, красно-, желто-коричневый, коричневато-черный. Окраска связана с Fe^{2+} и Fe^{3+} . Л. абс. (нм): 578, 449. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = \pm 82-90^\circ$. $n_g = 1,751-1,761$, $n_m = 1,745-1,753$, $n_p = 1,739-1,747$, $n_g - n_p = 0,011-0,015$. Дисперсия 0,023. Плеохр.: золотисто-желтый, желтый или красный, бесцветный. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. совершенная по {010}. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,60—3,83 г/см³.

Нахождение — кристаллические сланцы и гнейсы (гранаты, андалузит, кордиерит, слюды, магнетит, брукит и др.).

Использование в ювелирном деле ограничено. Прозрачные кристаллы ограняются, крестообразные двойники применяются как предметы религиозного культа.

ЭВКЛАЗ $AlBe(OH)[SiO_4]$. Назв. из-за совершенной спайности от греч. «хорошо расщепляющийся». Син.: хрупик. Редкий. Впервые описан Р. Ж. Гаюи в 1702 г. Примеси: Ge, Mn, Cu, Cr, Sn, Pb, Zn, Ti, Y, Yb, В. Мон. с. Кл. симм. моноклинно-

призматический. Пр. гр. $P2_1/c$. $Z = 4$. $a_0 = 0,463$ нм, $b_0 = 1,427$ нм, $c_0 = 0,476$ нм, $\alpha = 100,3^\circ$. Стр. островная.

Кристаллы пластинчатые, пластинчато-призматические, коротко- и длиннопризматические с большим числом граней. Число простых форм очень велико: наиболее распространены: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{120\}$, $\{011\}$, $\{111\}$ и др. На гранях иногда наблюдается штриховка. Двойники (плоскости двойникования (010) и (041) , друзы, щетки, розетки, сноповидные и полусферические образования радиально-лучистого строения. Размер кристаллов небольшой — не более 1—3 мм, редко — до 1,5 см. Масса крупнейших образцов из Бразилии — 15,45 и 14,0 кар.

Прозрачный. Бесцветный, синий, голубой, синеваато-зеленый, голубовато-зеленый, желтовато-зеленый. Голубовато-зеленая окраска связана с наличием Cr^{3+} . Встречается неравномерная и зональная окраска. Л. абс. (нм): 468 и 455, в хромсодержащих — дублет ~ 705 . В УФ-лучах инертен. Бл. жирный. Двуосный, $2V = +45-50^\circ$. $n_g = 1,671$, $n_m = 1,655-1,658$, $n_p = 1,650-1,652$, $n_g - n_p = 0,019-0,025$. Дисперсия 0,016. Плеохр. в голубовато-зеленых и желто-голубых тонах от слабого до сильного в кристаллах из различных месторождений. Тв. 6,5—7,5. Сп. совершенная по $\{110\}$ и $\{001\}$. Пл. 3,02—3,10 г/см³. При трении электризуется.

Нахождение — жилы альпийского типа, пустоты миароловых пегматитов и грейзенов, гидротермальные образования флюорит-берtrandит-фенакитовой формации, бериллийсодержащие полевошпатовые метасоматиты, хлоритовые сланцы, россыпи (фенакит, турмалин, топаз). Местор.: СССР (Урал), Бразилия (шт. Минас-Жерайс — Оуро-Прету), Индия, Танзания, Заир, Австрия, ФРГ, Норвегия, Ирландия, США (шт. Колорадо).

Использование в ювелирном деле ограничено. При обработке придается бриллиантовая (бесцветный) или изумрудная (синий, зеленый) огранка. Коллекц. минерал. При диагностике не следует путать с бериллом (аквамарином), фенакитом, кианитом, хризобериллом, турмалином, сподуменом, алмазом. Определяется по физическим свойствам.

КЛИНОГУМИТ $\text{Mg}_9[\text{SiO}_4](\text{OH}, \text{F})_6$. Открыт в 1876 г. Назв. по моноклинной сингонии и принадлежности к группе гумита. Примеси: Ti. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/c$. $Z = 2$. $a_0 = 0,475$ нм, $b_0 = 1,029$ нм, $c_0 = 1,371$ нм, $\beta = 100,8^\circ$. Изометричные кристаллы псевдотетраэдрической формы. Полисинтетические двойники. Агрегаты.

Прозрачный. Цвет желтый, коричневый, связан с примесью Ti. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = +92-107^\circ$. $n_g = 1,653-1,700$, $n_m = 1,635-1,678$, $n_p = 1,622-1,655$, $n_g - n_p = 0,028$. Тв. 6. Пл. 3,16 г/см³.

Нахождение — скарны (розовая шпинель, форстерит). Местор.: СССР (Памир). Новый перспективный ювелирный камень.

ХОНДРОДИТ $\text{Mg}_5[\text{SiO}_4]_2\text{Fe}$. Открыт в 1817 г. Назв. от греч. «зернышко». Примесь Ti. Мон. с. Кл. симм. призматиче-

ский. Пр. гр. $P2_1/c$. $Z = 2$. $a_0 = 2,474$ нм, $b_0 = 1,029$ нм, $c_0 = 0,789$ нм, $\beta = 109,02^\circ$. Кристаллы призматической формы.

Прозрачный. Цвет желтый, коричневый, связан с Ti. Бл. стеклянный. Двуосный. $2V = +75^\circ$, $n_g = 1,621$, $n_m = 1,602$, $n_p = 1,592$, $n_g - n_p = 0,029$. Тв. 6,5. Пл. 3,16 г/см³.

Нахождение — карбонатиты, скарны. Местор.: Якутия. Использование в ювелирном деле ограниченное.

ГЕМИМОРФИТ $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$. Назв. в связи с гемиморфными формами кристаллов. Син.: каламин, галмей. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-пирамидальный. Пр. гр. $Imm2$. $Z = 2$. $a_0 = 1,072$ нм, $b_0 = 0,840$ нм, $c_0 = 0,512$ нм. Таблитчатые, пластинчатые кристаллы (гемиморфные), агрегаты с радиально-лучистым строением.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый, желтый, голубой, зеленый. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности — перламутровый. Двуосный, $2V = +46^\circ$. $n_g = 1,636-1,638$, $n_m = 1,617-1,618$, $n_p = 1,614-1,615$. $n_g - n_p = 0,003$. Тв. 4,5—5. Сп. совершенная по {110}, несовершенная по {101} и {001}. Излом раковистый. Пл. 3,35—3,50 г/см³.

Нахождение — зона окисления цинковых и свинцово-цинковых сульфидных месторождений (смитсонит, церуссит, лимонит, виллемит и др.). Известен в Восточных Альпах (Каринтия). СССР (Забайкалье и др.). Используется ограниченно как драгоценный и поделочный материал.

ДЮМОРТЬЕРИТ $Al_7O_3[VO_3][SiO_4]_3$. Назв. в честь франц. палеонтолога Э. Дюмортье. Примеси: Fe. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-дипирамидальный. Пр. гр. $Pcmm$. $Z = 4$. $a_0 = 1,179$ нм, $b_0 = 2,021$ нм, $c_0 = 0,470$ нм. Стр. цепочечная. Кристаллы редки, призматической, игольчатой формы. Простые формы: {100}, {110}, {010}. Обычно в виде агрегатов массивных, зернистых, волокнистых, игольчатых.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет синий, голубой, розовый, розовато-фиолетовый, желтый, коричневый. Голубая и синяя окраска связаны с Ti^{3+} (л. абс. 617 нм), розовая — Mn^{3+} (л. абс. 704 и 550 нм) [31]. В УФ-лучах голубой, голубовато-белый, фиолетовый (254 нм). Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = -13-20^\circ$. $n_g = 1,683-1,723$, $n_m = 1,677-1,722$, $n_p = 1,659-1,686$, $n_g - n_p = 0,017-0,027$. Плеохр. отчетливый в коричневых образцах: черно-коричневый — красно-коричневый. Тв. 7—8,5. Сп. несовершенная до ясной по {110}, {100}. Излом неровный. Пл. 3,26—3,41 г/см³.

Нахождение — пегматиты, метаморфические породы. Применяется как поделочный, реже ювелирный камень, в основном для имитации лазурита или бирюзы.

КОРНЕРУПИН $Mg_5Al_9Si_5VO_{30}$. Назв. в честь датского геолога А. Н. Корнерупа (1857—1881). Впервые описан в 1884 г. Син.: призматин. Примеси: Ti, Cr, V. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Stct$. $Z = 3$. $a_0 = 1,368$ нм, $b_0 =$

$= 1,595$ нм, $c_0 = 0,668$ нм. Стр. островная. Кристаллы длинно-призматической формы.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный, белый, розовый, зеленовато-желтый, бледно-зеленый, темно-зеленый, коричневый, черный. Окраска связана, вероятно, с Fe. Л. абс. (нм): 540, 503, 463, 446, 430. Встречаются камни с астеризмом и эффектом «кошачьего глаза». В УФ-лучах инертен или желтый. Бл. стеклянный. Двусосный, иногда аномально одноосный. $2V = -3-48^\circ$. $n_g = 1,674-1,699$, $n_m = 1,673-1,596$, $n_p = 1,661-1,682$, $n_g - n_p = 0,013-0,018$. Дисперсия 0,018. Плеохр. иногда сильный; зеленый, желтый, коричневый, красно-коричневый. Тв. 6—7. Хрупкий. Сп. иногда наблюдается в двух направлениях. Излом раковистый. Пл. 3,27—3,45 г/см³.

Нахождение — гнейсы, россыпи. Местор.: ювелирный корнелин известен в Шри-Ланке (желто-коричневый и красный), Канаде (темно-зеленый до зеленовато-желтого), на Мадагаскаре (темно-зеленый, голубовато-зеленый, коричневый), в Бирме (зеленовато-коричневый, коричневый с эффектом кошачьего глаза и астеризмом), в Кении (светло-зеленый с V^{3+}), Танзании (зеленый с Cr^{3+}).

Применяются ограненные камни и кабошоны (камни с астеризмом или эффектом кошачьего глаза). При обработке площадку располагают параллельно удлинению кристалла. Диагностируют по оптическим свойствам. Следует отличать от турмалина и энстатита.

ВЕЗУВИАН $Ca_{19}FeAl_{12}Si_{18}O_{70}(OH)_8$. Назв. по месту находки — вулкану Везувию (Италия). Впервые описан А. Вернером в 1765 г. Син.: вилюит (вилуит), идокраз. Примеси: K, Na, Li, Mg, Fe^{3+} , Mn, Sr, Cr, Ti, Be, V, Lp, Sb. Тетр. с. Кл. симм. дитетрагонально-бипирамидальный. Пр. гр. $P4/nnc$. $Z = 4$. $a_0 = 1,566$ нм, $c_0 = 1,185$ нм. Стр. островная. Кристаллы короткопризматические, бипирамидальные. Простые формы: $\{110\}$, $\{100\}$, $\{111\}$, $\{001\}$. Агрегаты плотные, мелкозернистые, лучистые, покрытые штриховкой.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет серый, желтый, бурый, зеленый, черный, голубой, розовый, красный, золотистый (лаурелит). Массивная разновидность зеленого цвета — калифорнит. Зеленая окраска связана с Fe^{3+} л. абс. (для желто-зеленого, нм): 892, 571, 462, 444, 416, 384. Бл. стеклянный, жирный. Одноосный, отрицательный, $n_o = 1,705-1,732$, $n_e = 1,701-1,726$, $n_o - n_e = 0,004-0,006$. Тв. 6,5. Хрупкий. Сп. несовершенная, более ясная по призме $\{110\}$.

Нахождение — метаморфизованные основные породы и контактовые зоны (гранаты, диопсид, амфибол, волластонит, кальцит, хлорит, магнетит, пирит, пирротин и др.). Местор.: СССР (Шишимские и Назямские горы на Урале, по р. Виллюй — вилуит), Италия (Везувий), ГДР, ЧССР.

Как ювелирные используются прозрачные красивые разновидности. Ограниваются различными видами огранки. Массивные раз-

ности зеленого цвета — поделочные камни. Диагностируют по оптическим свойствам, л. абс., форме кристаллов.

ЭПИДОТ $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$. Назв. Р. Ж. Гаюи от греч. «приращение» по форме поперечного сечения. Син.: фи-стацит, пистацит. Примеси: Сг, Mg. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/m$. $Z = 2$. $a_0 = 0,894$ нм, $b_0 = 0,561$ нм, $c_0 = 1,023$ нм, $\beta = 115^\circ$. Стр. островная. Кристаллы призматические, таблитчатые, игольчатые. Простые формы: $\{101\}$, $\{100\}$, $\{001\}$, $\{110\}$, $\{111\}$, $\{011\}$. Часто двойники по $\{100\}$. Агрегаты шестоватые, зернистые, массивные.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет зеленый различных оттенков, обусловлен присутствием железа. Л. абс. (нм): 455, 595. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двусный, $2V = -64-89^\circ$. $n_g = 1,734-1,797$, $n_m = 1,725-1,784$, $n_p = 1,715-1,751$, $n_g - n_p = 0,015-0,051$. Плеохр.: N_g — желтовато-зеленый, N_m — желтовато-зеленый, N_p — желтый или бесцветный. Тв. 6—7. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{001\}$, несовершенная по $\{100\}$. Излом раковистый, неровный. Пл. 3,53—3,49 г/см³.

Нахождение — образования регионального низко-, средне-температурного и контактового метаморфизма (амфибол, хлорит, диопсид, гранат, везувиан, магнетит, полевые шпаты, кварц), Местор.: СССР, ЧССР, Мексика, США, Кения, Швейцария, Италия, Франция, Австрия, Австралия, Мадагаскар, Финляндия, Бразилия.

Используется в ювелирном деле ограниченно. Прозрачные разновидности ограняются. Унакиит — эпидотсодержащая порода используется как поделочный камень, обрабатывается в форме кабошонов.

ЦОИЗИТ $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$. Назв. в честь австр. ученого З. Цоиза (1747—1819 гг.). Примеси: Mn, Сг, Fe. Син.: саальпит (заальпит). Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $R\bar{3}m$. $Z = 4$. $a_0 = 1,624$ нм, $b_0 = 0,558$ нм, $c_0 = 1,010$ нм. Стр. островная. Кристаллы призматические. Простые формы: $\{010\}$, $\{110\}$, $\{210\}$, $\{011\}$, $\{111\}$. Агрегаты зернистые, шестоватые.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, зеленый, светло-коричневый, серый, желтоватый, розовый (тулит), голубой, синий, фиолетовый (танзанит), иногда с эффектом кошачьего глаза. Буро-зеленая окраска обусловлена Fe^{3+} , л. абс. (нм): 1030, 833, 613,5, 568, 472, 452,5, 400. В УФ-лучах обычно инертен, тулит иногда бледно-коричневый (254 нм) или оранжево-желтый (365 нм). Бл. стеклянный. Двусный. $2V = +0-60^\circ$ (30°). $n_g = 1,697-1,725$, $n_m = 1,688-1,710$. $n_p = 1,685-1,705$, $n_g - n_p = 0,004-0,009$. Тв. 6—7. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{010\}$, несовершенная по $\{100\}$. Излом неровный. Пл. 3,15—3,38 г/см³.

Нахождение — образования регионального низко-, среднетемпературного и контактового метаморфизма (амфиболы, гранаты,

везувиан, эпидот, кварц и др.). Местор.: Танзания (Лонгидо), Мексики, Великобритания, Норвегия, Австрия, Финляндия, Япония, США (штаты Южная Дакота, Вайоминг).

В ювелирном деле используют цоизит ярких окрасок: танзанит, тулит. Прозрачные, красиво окрашенные разности обрабатывают различными типами огранки, камни с эффектом кошачьего глаза — кабошонами. Диагностируют по оптическим свойствам, плотности, л. абс. Как поделочный и декоративно-поделочный камень применяются зеленые цоизитовые породы (США, шт. Южная Дакота) и цоизитовые породы с включениями роговой обманки и красного корунда — аниолит (Танзания).

Танзанит — разнов. цоизита. Назв. по месту находки в 1967 г. в Танзании. Прозрачный. Цвет синий, фиолетовый, при искусственном освещении аметисто-фиолетовый (связан с V^{3+}), зеленовато-голубой (связан с V^{3+} и Cr^{3+}). Л. абс. (нм): 455, 528, 595. $n_{cp} = 1,691 - 1,700$, $n_g - n_p = 0,009$. Плеохр. сильный: синий, фиолетовый, зеленый (коричневый). Пл. 3,3 г/см³.

Нахождение — гнейсы. Местор.: Танзания. Используется как ювелирный камень. При обработке придается ступенчатая, бриллиантовая, комбинированная, фантазийная огранки. От сапфира отличается по тв.

Тулит — разнов. цоизита. Назван по месту находки — Туль, Норвегия. Полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет бледно-розовый, розовый, связан с Mn^{3+} . Местор.: Норвегия, США (штаты Вашингтон, Северная Каролина), ЮАР, Австралия. Используется как ювелирный (в виде кабошонов) и поделочный камень ограниченно. Следует отличать от родонита и родохрозита.

БЕРИЛЛ $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$. Примеси: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg, Ca, Cr, Ti, V, Ni, Bi, Mn, Sc, Li, Cs, Rb, K, Na, Ga, Ge, H_2O и др. Гекс. с. Кл. симм. дигексагонально-дипирамидальный. Пр. гр. $R6/mcs$. $Z = 2$. $a_0 = 0,919$ нм, $c_0 = 0,919$ нм. Стр. островная (кольцевая).

Хорошо образованные кристаллы призматического габитуса, удлиненные, столбчатые, пластинчатые. Главнейшие простые формы; гексагональная призма $\{10\bar{1}0\}$, пинакоид $\{0001\}$, дипирамиды $\{11\bar{2}1\}$ и $\{10\bar{1}1\}$, призма $\{11\bar{2}0\}$. Размеры различны, иногда до нескольких метров в длину. Агрегаты параллельные, сноповидные, шестоватые, сростки, иногда радиально-лучистые.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет желтовато-зеленый, зеленый, голубовато-зеленый, обусловлен различным содержанием примесей Fe^{2+} и Fe^{3+} . Кроме того, по цвету выделяют разновидности; изумруд — зеленый, аквамарин — голубой, иногда с зеленоватым оттенком, аквамарин-максикс — синий, воробьевит (морганит) — розовый, биксбит (биксбит) — красный, гелиодор (давитсонит) — желтый, золотистый, гошенит (ростерит) — бесцветный, гешенит — яблочно-зеленый. Встречаются полихромные бериллы с чередованием различно окрашенных зон (желтых, голубых и др.) по длине кристалла или в поперечном сече-

нии, призирующие, звездчатые черные бериллы, появление шестилучевой звезды в которых связывают с включениями ильменита, бериллы с эффектом кошачьего глаза. Бл. стеклянный, чуть жирноватый. Одноосный, отрицательный, иногда аномально двусосный. $n_o = 1,566-1,602$, $n_e = 1,562-1,594$, $n_o - n_e = 0,004-0,009$. Дисперсия 0,014. Плеохр. отчетливый. Тв. 7,5—8. Хрупкий. Сп. несовершенная по {0001} и {10 $\bar{1}$ 0}. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,50—2,90 г/см³.

Нахождение — миароловые — камерные микроклиновые пегматиты (морион, дымчатый кварц, альбит), занорышевые микроклиновые пегматиты (морион, дымчатый кварц, микроклин, альбит), микроклиновые и микроклин-альбитовые пегматиты с лепидоломитом (дымчатый кварц, клевеландит, лепидолит, рубеллит, зеленый и полихромный турмалин), мусковит-микроклиновые бесполостные пегматиты (кварц, мусковит), бериллоносные мусковит-кварцевые грейзены (кварц, топаз, ферберит, касситерит, гематит, молибденит, арсенопирит, висмутин, флюорит, сидерофиллит), аллювиальные россыпи.

Один из самых популярных ювелирных камней. Используется с древнейших времен. Прозрачным камням придается прямоугольная, квадратная (каре), изумрудная, реже бриллиантовая или фантазийная огранка. Полупрозрачные камни, с астеризмом или эффектом кошачьего глаза обрабатываются в форме кабошонов. Применяется резьба по камню. В промышленных целях синтезируют изумруды. Бериллы облагораживают облучением и термообработкой. При диагностике особое значение имеют твердые, жидкие и газово-жидкие включения, расположенные в трубчатых каналах и трещинах разнообразной формы.

Изумруд — разнов. берилла. Древний термин от греч. «сма-рагдос» ил илат. «смарагдус»; применялся долгое время для обозначения всех зеленых камней. Примеси: Cr, V, Fe, Mg, Ni, Bi, Mn, Se, H₂O. Кристаллы удлиненно-призматические, столбчатые. Сrostки, в том числе радиально-лучистые. Размер кристаллов различный. Масса уникальных кристаллов: до 24 000 кар. (рудник Соммерсет, ЮАР), 1629,6 и 1160 кар. (Южная Африка), «Кочубеевский изумруд» — 11 000 кар., «Славный уральский» — 3362,5 кар. (Урал), «Кристалл из Гачалы» — 7025 кар., «Австрийский изумруд» — 2681 кар., «Девонширский изумруд» — 1383,95 кар., «Патриция» — 632 кар. (Колумбия), «Гордость Америки» — 1470 кар., «Изумруд Стефансона» — 1438 кар., «Гидденит-изумруд» — 1270 кар. (Северная Америка) и др.

Прозрачный, полупрозрачный, непрозрачный; наиболее ценны прозрачные образцы. Цвет травяно-зеленый различной интенсивности. Ценность сильно возрастает с увеличением интенсивности окраски. Окраска связана с ионами Cr³⁺, изоморфно замещающими ионы Al³⁺. Желтоватый и голубовато-синий оттенки цвета обусловлены примесями Fe²⁺, а также, возможно, V³⁺, Ti³⁺, Mn³⁺, дырочными центрами O⁻. Распределение окраски

в кристаллах часто неравномерное: пятнистое или зональное (концентрически зональное в направлении, перпендикулярном оси L_6 , или поперечно-зональное вдоль оси L_6). Окраска устойчивая, некоторое ее ослабление наблюдается только при нагревании до 700—800 °С. Л. абс. (нм): в направлении N_o — 683, 680, 637, 625, 580, 477, 472, в направлении N_e — 683, 680, 637, 662, 646. В УФ-лучах инертны, некоторые изумруды (не содержащие большого количества примесей Fe) — красные (365 нм) и зеленые (254 нм). Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,572$ — $1,600$, $n_e = 1,566$ — $1,593$, $n_o - n_e = 0,005$ — $0,009$. Дисперсия 0,014. Плеохр. отчетливый: N_e — зеленый, сине-зеленый, N_o — желтовато-зеленый ($N_o < N_e$). Тв. 7,5—8. Сп. несовершенная по {0001} и {10 $\bar{1}$ 0}. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,68—2,78 г/см³.

Нахождение — миароловые (занорышевые) микроклиновые пегматиты (микроклин, кварц, турмалин — шерл), слюдитовые грейзены ультраосновных пород (флогопит или биотит, апатит, хризоберилл, турмалин, флюорит), телетермальные гидротермальные жилы среди осадочных пород (кальцит, доломит, пирит, кварц, альбит, барит, гетит), элювиально-делювиальные и аллювиальные россыпи. Местор.: СССР (Изумрудные копи), Колумбия (Музо, Чивор, Коскуэс, Якопи), Индия (Раджгарх, Калигуман и др.), Зимбабве (Сандавана, Мустард, Пепнер, Новелло-Клаймс, Самамбула, Чикванда, Форест), ЮАР (Сомерсет, Кобра, Гравелот), Танзания (Лейк-Маньяра), Замбия (Мику), США (шт. Северная Каролина, Старая Плантация), АРЕ (Джебел Зebraх), Бразилия (Карнаиба, Фазинда до Помбо, Фазинто-Сао-Тиано), Афганистан (Панджиер), Австрия (Хабахталь), Норвегия (Эйдсволл) и др.

Является одним из наиболее ценных и дорогих ювелирных камней. Используется в брошах, серьгах, колье, кольцах, часто в сочетании с бриллиантами. Имитациями изумруда могут служить: диоптаз, зеленый сапфир, хромдиопсид, турмалин, уваровит, демантоид, гроссуляр, хризолит, александрит, гидденит, флюорит и другие минералы, синтетическая шпинель и другие синтетические вещества, стекла, дублеты из горного хрусталя и аквамарина или берилла и бледного изумруда или другие сочетания, сцементированные специальной изумрудно-зеленой пастой. Трещиноватые изумруды проваривают в зеленых красителях, чтобы улучшить цвет. В настоящее время широко синтезируют.

Для диагностики большое значение имеют ГЖВ, располагающиеся в волосовидных трубчатых каналах, вытянутых вдоль оси L_6 или трещин различной формы, а также включения минералов. Для изумруда ряда месторождений характерны различные минералы-включения: СССР (Урал) — чешуйки флогопита, талька, игольчатые кристаллы актинолита и турмалина; Австрия (Хабахталь) — игольчатые кристаллы тремолита и турмалина, эпидот, титанит, апатит, рутил, чешуйки биотита; Колум-

бия — трехфазные включения, Музо — паризит, кальцит, Чивор и Гачала — альбит, пирит; ЮАР — молибденит; Зимбабве — тремолит, гранаты, гематит, полевые шпаты; Индия — биотит, игольчатые кристаллы апатита; Бразилия — биотит, тальк, доломит; США (Северная Каролина) — кварц; Танзания — трехфазные включения, актинолит, слюда; Замбия — биотит, турмалин. Диагностическое значение имеют л. абс. (нм): 683, 680, 637 — N_o , 662, 646 — N_e [10] и поведение под фильтром Челси: природные изумруды инертны (уральские), розовые или красные (колумбийские), синтетические гидротермальные — инертны, выращенные из раствора в расплаве — красные. Дублеты можно отличить по газовым включениям в плоскости склеивания. Имитации из стекла отличаются по пл. (3,40—4,00 г/см³), n (1,40—1,66), газовым включениям; из бериллового стекла — по пл. (2,42 г/см³), n (1,52).

Аквамарин — назв. по цвету от лат. «морская вода». Примеси: Fe^{2+} , Fe^{3+} . Кристаллы удлиненно-призматического габитуса различного размера, крупнейшие: массой 110 кг длиной 48,5 см (Бразилия, Минас-Жерайс, Марамбайя), 82 кг (СССР — Забайкалье), 34 кг — «Марта Роха» (Бразилия) и др.

Прозрачный. Цвет голубой, небесно-голубой до темно-синего, голубовато-зеленый, связан с ионами Fe^{2+} и Fe^{3+} . Л. абс. (нм): 427, 456, 537. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,572—1,590$, $n_e = 1,567—1,583$. $n_o - n_e = 0,005—0,007$. Дихроизм: N_o — бесцветный, зеленовато-голубой, N_e — голубой. Тв. 7,5—8. Пл. 2,68—2,80 г/см³.

Нахождение — гранитные пегматиты (морион, дымчатый кварц, микроклин, альбит), грейзены (кварц, топаз ферберит, касситерит, гематит, молибденит, арсенопирит, висмутин, флюорит, сидерофиллит). Местор.: СССР (Украина, Забайкалье), Бразилия (Минас-Жерайс), Мадагаскар, США (штаты Мэн, Северная Каролина, Колорадо, Коннектикут), Зимбабве.

Используется в кольцах, серьгах, кулонах, в сувенирных изделиях (ручки ножей, сабель и др.). Для аквамарина характерны включения газовой-жидкие и жидкие, расположенные в каналах и по трещинам; включения минералов: слюды, пирит, гематит, рутил, отрицательные кристаллы, плоские включения белого цвета, напоминающие снежные хлопья, известные под названием «хризантемы». При диагностике аквамарин можно спутать с голубым топазом, эвклазом, кианитом, цирконом, синтетическими материалами, особенно шпинелью, стеклами. Особенные трудности вызывает диагностика облагороженных бериллов, в которых голубая окраска получена за счет термообработки при 400—500 °С зеленоватых и желтых бериллов (л. абс. нм: 705—685, 645, 625, 597).

Аквамарин-максикс — найден в 1917 г. в Бразилии на руднике Максикс (шт. Минас-Жерайс), в связи с чем и получил название. Примеси: Fe^{3+} , V^{3+} , щелочи, особенно Cs, Cu.

Прозрачный. Цвет голубой, синий, при дневном свете через несколько дней обесцвечивается, может становиться желтым или рыжевато-коричневым. Л. абс. (нм): 550, 581, 615, 628, 654, 695. Окраску связывают с природным облучением. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,592$, $n_e = 1,584$, $n_o - n_e = 0,008$. Дихроизм отчетливый. N_o — синий, N_e — бесцветный. Тв. 7,5—8. Пл. 2,50 г/см³. Сходен с сапфиром, танзанитом, кордиеритом и другими синими камнями. Синяя окраска может быть получена в результате γ - или нейтронного облучения бесцветных или бледноокрашенных бериллов, но она неустойчива, быстро выцветает при дневном свете или при нагревании.

Воробьевит — назв. в 1909 г. К. А. Ненадкевичем в честь погибшего русского минералога В. И. Воробьева. Син.: морганит, назв. в 1911 г. Г. Ф. Кунцем в честь амер. коллекционера ювелирных камней банкира Дж. П. Моргана (1873—1913). Примеси: Li, Cs, K, Rb, Mn^{3+} , В связи с большим содержанием Li и Cs, возможно следующее написание формулы: $CsLiBe_2Al_2[Si_6O_{18}]$. Кристаллы короткопризматические, толстостолбчатые.

Прозрачный. Цвет розовый, обусловлен Mn^{3+} и Mn^{2+} (возможно Cs). В УФ-лучах светится бледно-фиолетовым или голубовато-белым. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,578$ —1,600, $n_e = 1,572$ —1,592, $n_o - n_e = 0,008$ —0,009. Дихроизм: N_o — бесцветный, голубовато-розовый N_e — бледно-розовый. Тв. 7,5—8. Пл. 2,71—2,90 г/см³.

Нахождение — редкометальные гранитные пегматиты (дымчатый кварц, клевеландит, лепидолит, розовый, зеленый и полихромный турмалин). Местор.: Бразилия (Минас-Жерайс), США (шт. Калифорния — копи Пала), Мадагаскар, Зимбабве, Намибия, СССР (Урал, Казахстан). В ограненном виде похож на розовый топаз, кунцит, рубеллит, шпинель, розовый корунд, синтетические шпинели, корунд, ИАГ, фианит, стекла. Диагностируется по n , пл., люминесценции.

Биксбит (биксбит) — найден в 1905 г. в шт. Юта (США). Назв. в 1912 г. по имени М. Биксби, составившего каталог минералов шт. Юта. Толстотаблитчатые кристаллы размером до 5 см в длину. Полупрозрачный, редко прозрачный. Цвет землянично-красный. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,576$, $n_e = 1,570$, $n_o - n_e = 0,006$. Тв. 7,5—8. Пл. 2,57 г/см³. Редкий коллекц. минерал.

Гелиодор — назв. по цвету от греч. «солнце» и «золотой». Примеси Fe^{3+} , U. Прозрачный. Цвет желтый разных оттенков, золотистый (давитсонит, устар.), оранжевый, связан с примесями Fe^{3+} , иногда U. При нагревании до 400°C обесцвечивается либо становится голубоватым. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,570$ —1,591, $n_e = 1,566$ —1,584, $n_o - n_e = 0,004$ —0,007. Дихроизм: N_o — золотисто-желтый, N_e — желтый, красновато-желтый. Тв. 7,5—8. Пл. 2,67—2,69 г/см³.

Нахождение — пегматиты (морион, дымчатый кварц, микроклин, иногда альбит, мусковит), грейзены (кварц, топаз, ферберит, касситерит, гематит, молибденит, арсенопирит, висмутин, флюорит, сидерофиллит). Местор.: Бразилия, Намибия, Мадагаскар, Шри-Ланка, США (шт. Коннектикут), СССР (Забайкалье, Сибирь). Похож на цитрин, желтый сапфир, желтый и оранжевый циркон и др. Диагностируется по n , пл. тв., характерным включениям.

Гошецит — назв. по месту находки — Гошен в шт. Массачусетс (США). Син.: ростерит. Примеси: Na, Li. Пластинчатые кристаллы. Прозрачный, бесцветный. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,566-1,602$, $n_e = 1,562-1,594$, $n_o - n_e = 0,004-0,008$. Тв. 7,5—8. Пл. 2,63—2,91 г/см³.

Нахождение — гранитные пегматиты. Местор.: Бразилия, США (штаты Массачусетс, Калифорния, Мэн и др.), Канада, Мексика, СССР. Используется в ювелирном деле ограниченно в связи с его редкостью. Коллекц. минерал. Похож на бесцветные минералы: горный хрусталь, топаз, фенацит и др., а также на синтетические — шпинель, корунд. Диагностируется по n , тв., пл., ГЖВ, каналам.

КОРДИЕРИТ $(Mg, Fe)_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$. Назв. по имени франц. геолога П. Л. Кордьера, впервые его изучившего. Син.: дихроит, иолит, водяной, или рысий, сапфир. Примесь Вв. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-дипирамидальный. Пр. гр. *Ссст*. $Z = 4.a_0 = 1,713$ нм. $b_0 = 0,980$ нм, $c_0 = 0,935$ нм. Кристаллы псевдогексагональные, призматические. Часты неправильные зерна, вкрапленные в породу, сплошные массы.

Прозрачный кордиерит бесцветный, синий, голубой, фиолетовый (ювелирные разности). Окраска связана с Fe^{2+} и Fe^{3+} . В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный Двухосный, $2V = +65-104^\circ$. $n_g = 1,527-1,578$, $n_m = 1,524-1,574$, $n_p = 1,522-1,558$, $n_g - n_p = 0,005-0,018$. Дисперсия 0,017. Плеохроизм ярко выражен: N_p — бесцветный, N_g — фиолетовый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. средняя по {010} и несовершенная по {100} и {001}. Излом раковистый. Пл. 2,53—2,78 г/см³.

Нахождение — гнейсы и кристаллические сланцы (пироксены, амфиболы, биотит, кварц, полевой шпат, силлиманит), россыпи. Ювелирный кордиерит известен в Шри-Ланке, на Мадагаскаре, в Бирме, Индии (шт. Мадрас), Танзании, Бразилии, Канаде, США (штаты Калифорния, Вайоминг, Южная Дакота), Гренландии, Великобритании, Норвегии, Финляндии, СССР (Средний Урал, Забайкалье).

Используется в основном как имитация сапфира. Обрабатывается гранями, при этом для получения наиболее густой окраски площадку располагают под прямым углом к ребрам призмы. Диагностируется по n , тв., пл.

ТУРМАЛИН. Назв. группы минералов, произошло от синг. «турмали» (долгое время на о. Шри-Ланка так называли различные драгоценные камни). Син.: апирит. Общая формула

$AC_9Si_6B_3X_{31}$, где: $A = Na(K)Ca$; $C = Li, Mg, Fe^{3+}, Mn, Al, Fe^{2+}, Cr, (V, Ti)$; $X = O, OH, F$.

В группу входят минералы: эльбаит, лиддикоатит (лидикоатит), дравит, ферридравит, увит, шерл, бургерит (бюргерит), Mn-содержащий турмалин — тсилаизит. Существуют несмешивающиеся ряды: шерл — дравитовый, шерл — эльбаит — тсилаизитовый и шерл — бургеритовый, внутри которых наблюдается изоморфизм [18]. Триг. с. Кл. симм, дитригонально-пирамидальный. Пр. гр. $R3m$. $Z = 3$. Стр. островная (кольцевая). Кристаллы призматические, игольчатые. Простые формы $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{02\bar{2}1\}$. Двойники, сростки, в том числе радиально-лучистые («солнца»).

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. По цвету выделяют разновидности: рубеллит — розовый, красный, малиновый, вишнево-красный (син.: даурит, или сибирит, — вишнево-красный рубеллит с Урала, известен с XVII в.); индиголит — синий, голубой, синеvато-черный; верделит — зеленый, буровато-зеленый; ахроит — бесцветный; африцит — черный (Норвегия). Встречаются полихромные турмалины с окраской, меняющейся в поперечном сечении (зеленая-красная — арбузный турмалин) или продольном направлении розовая-зеленая-синяя, а также двухцветные (бесцветные с черными концами — «голова арапа» или «черная голова», Италия). Известны коммерч. назв. разноокрашенных турмалинов (устар.): бразильский сапфир — густо-синий; бразильский изумруд, бразильский перидот, бразильский хризолит — зеленый; цейлонский перидот — медово-желтый; ирис — густо-синий с фиолетовым оттенком. Встречаются образцы с астеризмом и эффектом кошачьего глаза. Цвета и оттенки Fe-содержащих турмалинов (голубые, синие, зеленые, желтые, оранжевые, бурые, коричневые до черных) связаны с Fe^{2+} , обменно-связанными парами Fe^{2+} и Fe^{3+} , полосами переноса заряда $Fe^{2+} \rightarrow Ti^{4+}$, $Fe^{2+} - Fe^{3+}$ и $O^{2-} \rightarrow Fe^{3+}/Fe^{2+}$, [30]. Изумрудно-зеленый цвет связан с Cr^{3+} или Fe^{2+} . Л. абс. (нм): желто-коричневый — 454 нм; зеленый — 730, 540, 505, 465, 425; изумрудно-зеленый — 588, 416,6, 675, 610; синий — 497, 562, 714, 1075; черный — 1111, 730, 1238, 769. В УФ-лучах обычно инертен, лишь иногда светятся в коротких лучах (254 нм) отдельные образцы розового цвета — голубым, а золотисто-желтого, коричневого и зеленого цвета — желтым цветом. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,632-1,800$, $n_e = 1,610-1,743$, $n_o - n_e = 0,016-0,080$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,02—3,33 г/см³.

Нахождение — граниты, гранитные пегматиты, скарны, гидротермальные образования, риолиты, россыпи. Местор.: СССР (Тремяченская копь, Липовское, Моховая копь, Полиминеральная жила, Савватеевская копь, Сарапулка), Мадагаскар, Бирма, Шри-Ланка, Мексика, Намибия, Мозамбик, Танзания, Ке-

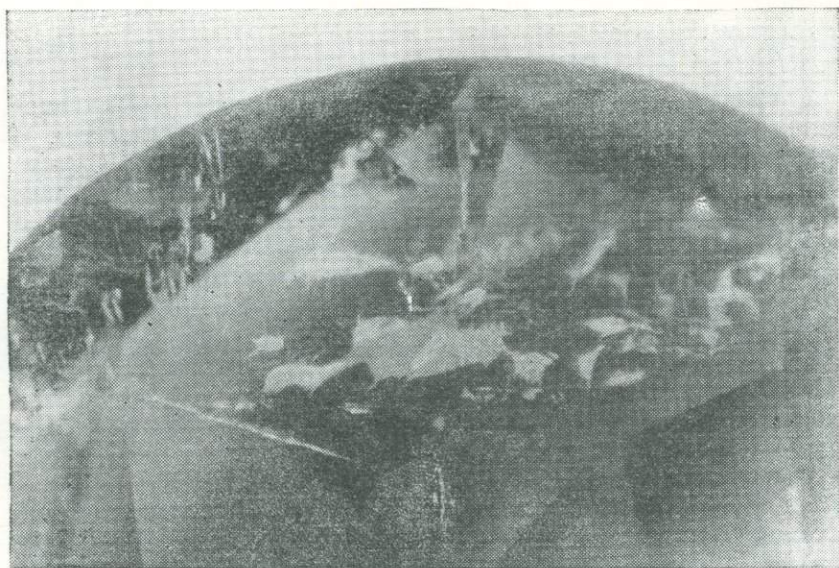


Рис. 15. Характер внутренних трещин в турмалине

ния, США (штаты Калифорния, Мэн, Коннектикут, Нью-Йорк и др.), Бразилия.

Использование в ювелирном деле прозрачных и полупрозрачных турмалинов и с эффектом астеризма и кошачьего глаза очень широкое. Непрозрачные и просвечивающиеся в тонких сколах турмалины применяются в меньшей степени. Обрабатываются с применением ступенчатой, фантазийной, реже бриллиантовой огранки в виде кабошонов, шлифуются. Диагностируют по высокой тв., отсутствию сп., отчетливому плеохр. Большое значение при идентификации турмалинов имеют газовые и газово-жидкие включения, расположенные по трещинам (рис. 15), каналам, часто ориентированным параллельно длинной оси кристаллов.

Эльбаит $\text{NaLiAl}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{28}(\text{OH})_2\text{F}$. Назв. по месту находки на о. Эльба. Описан в 1913 г. В. И. Вернадским. Примесь Са. $a_0 = 1,584$ нм, $c_0 = 0,701$ нм. Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный или светлоокрашенный различных оттенков, часто розовый. Встречаются зональные кристаллы (арбузные). В УФ-лучах обычно инертен, иногда голубой (розовые камни) или желтый (золотисто-желтые и зеленые камни, 254 нм). Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,640-1,655$, $n_e = 1,615-1,620$, $n_o - n_e = 0,017-0,024$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,03—3,10 г/см³.

Нахождение — пегматиты, прежде всего редкометалльные (микроклин, морион, дымчатый кварц, клевеландит, лепидолит,

топаз, спессартин, берилл и др.), россыпи. Местор.: СССР (Урал), Бирма, Бразилия (Минай-Жерайс), Индия, Намибия, Мозамбик (Алту-Лигонья), Мадагаскар, Танзания, США (штаты Калифорния, Мэн, Коннектикут). Эльбаит — наиболее широко применяемый ювелирный камень среди турмалинов. В обработанном виде наиболее сложно отличить от топаза, берилла.

Лиддикоатит (или лидикоатит) $\text{Li}_2\text{CaAl}_7\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27}(\text{OH})_3\text{F}$. Назв. в честь директора ГИА (США) проф. Р. Т. Лиддикоата. Часто рассматривается как Са-содержащий аналог эльбаита. $a_0 = 1,587$ нм, $c_0 = 0,713$ нм.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет чаще коричневый, возможны различные окраски и оттенки, зональные кристаллы. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,637$, $n_e = 1,621$, $n_o - n_e = 0,016$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,02—3,08 г/см³.

Нахождение — пегматиты, россыпи. Местор.: Мадагаскар. Применяется в ювелирном деле в виде ограненных камней и кабошонов.

Дравит $\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27}(\text{OH})_4$. Назв. по месту находки — Дравы (Югославия, Каринтия). Описан в 1883 г. Г. Чермаком. Примеси: Fe, Сг. $a_0 = 1,594$ нм, $c_0 = 0,722$ нм.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет коричневый (до черного), желто-коричневый, желтый, зеленый, может быть бесцветным. В УФ-лучах инертен, редко желтый (254 нм). Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,635-1,661$, $n_e = 1,610-1,632$. $n_o - n_e = 0,021-0,026$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,03—3,15 г/см³.

Нахождение — граниты, контактово-метасоматические образования. Местор.: СССР (Урал, Памир), Кения, Шри-Ланка, США (шт. Нью-Йорк). Использование в ювелирном деле известно давно.

Увит $\text{CaMg}_4\text{Al}_5\text{Si}_6\text{B}_5\text{O}_{27}(\text{OH})_3\text{F}$. Назв. по месту находки — пров. Ува (Шри-Ланка). Описан в 1929 г. (W. Kunitz). $a_0 = 1,594$ нм, $c_0 = 0,712$ нм. Иногда рассматривается как Са-содержащий аналог дравита.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвета светло- или темноокрашенные: зеленый, коричневый, черный. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,632-1,638$. $n_e = 1,612-1,621$, $n_o - n_e = 0,017-0,020$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,05 г/см³.

Нахождение — скарны, россыпи. Местор.: СССР (Алдан, Памир), Шри-Ланка (Ува). Используется в ювелирном деле в ограниченном виде.

Шерл $\text{NaFe}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{27}(\text{OH})_4$. Назв. от нем. «грязь», «сор». $a_0 = 1,603$ нм, $c_0 = 0,715$ нм.

Просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет черный. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,655-1,675$, $n_e = 1,625-1,650$. $n_o - n_e = 0,025-0,035$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,10—3,27 г/см³.

Нахождение — граниты, пегматиты, грейзены. Местор. СССР (Карелия, Украина) и др. Используется в ювелирном деле ограничено, в основном в траурных украшениях.

Бургерит (или бюргерит) $\text{NaFe}^{3+}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{30}\text{F}$. Назв. в честь амер. кристаллографа М. Дж. Бургера. Описан в 1966 г. (G. Donnay). $a_0 = 1,587$ нм. $c_0 = 0,719$ нм.

Просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Бл. стеклянный. Цвет коричневый, черный. Иногда имеет коричнево-красную иризацию. В УФ-лучах инертен. Оптически одноосный, отрицательный. $n_o = 1,735$, $n_e = 1,655$. $n_o - n_e = 0,080$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый: желто-коричневый — бледно-желтый. Тв. 7—7,5. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,31 г/см³. Нахождение, риолиты. Местор.: Мексика. Используется в ювелирном деле ограничено, образцы с иризацией находят большое применение.

БЕНИТОИТ $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Открыт в 1906 г. в США (шт. Калифорния, окр. Сан-Бенито), с чем связано назв. минерала. Впервые описан Ж. Д. Лоудербак. Редкий. Гекс. с. Кл. симм. дигексагонально-дипирамидальный. Пр. гр. $P6c2$. $Z = 2$. $a_0 = 0,661$ нм, $c_0 = 0,970$ нм. Стр. островная. Кристаллы уплощенные дитригонально-дипирамидальные небольшого размера (самый крупный камень ювелирного качества имеет массу 7,8 кар.).

Прозрачный. Бл. стеклянный. Цвет сапфирово-синий, связан с Ti^{3+} . В УФ-лучах ярко-голубой (254 нм). Тв. 6—6,5. Хрупкий. Сп. несовершенная. Излом раковистый. Пл. 3,64—3,68 г/см³. Одноосный, положительный. $n_o = 1,756-1,757$, $n_e = 1,800-1,804$, $n_e - n_o = 0,047$. Дисперсия 0,046 (n_e) и 0,039 (n_o).

Нахождение — натролитовые жилы среди глаукофановых сланцев (натролит). Места находок: США (шт. Техас, окр. Сан-Бенито в Калифорнии), Бельгия. Применяется как имитация сапфира. Отличается более низкими тв., пл., отсутствием характерных для сапфира включений. При обработке придается бриллиантовая, реже ступенчатая огранка, кабошонировается.

ДИОПТАЗ $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}]6\text{H}_2\text{O}$. Назв. от греч. «сквозь» и «видение» из-за того, что сквозь кристалл часто можно наблюдать спайность. Син.: аширит (назв. в честь купца Ашир-бая, впервые в 1780 г. нашедшего минерал в Казахстане). В 1797 г. описан Р. Ж. Гаюи как диоптаз. Триг. с. Кл. симм. тригонально-пирамидальный. Пр. гр. $P3$. $Z = 6$, $a_0 = 1,461$ нм, $c_0 = 0,780$ нм. Стр. островная (кольцевая). Кристаллы призматические, ромбоэдрические. Простые формы: $\{11\bar{2}0\}$, $\{02\bar{2}1\}$. Друзы.

Прозрачный, просвечивает. Цвет изумрудно-зеленый, зеленый. Окраска обусловлена Cu^{2+} . Л. абс. (нм): 550, 570, 560, 465—460. Цвет черты зеленый. В УФ-лучах инертен. Бл. стек-

лянный. Одноосный, положительный. $n_o = 1,644-1,658$. $n_e = 1,697-1,709$. $n_e - n_o = 0,053$. Дисперсия 0,036 (0,022). Плеохр. слабый сине-зеленый. Тв. 5. Хрупкий. Сп. совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}. Пл. 3,28—3,35 г/см³.

Нахождение — зона выветривания медных местор. (малахит, кальцит, хризоколл, лимонит, иногда вульфенит, каламин и др.). Местор.: СССР (Алтын-Тюбе), Заир, Конго, Чили, США (шт. Аризона).

Используется в ограненном или кабошонированном виде как имитация изумруда. Отличается совершенной спайностью, низкой тв., л. абс. Коллекц. минерал.

ЭВДИАЛИТ $\text{Na}_7\text{Ca}_3\text{FeZrSi}_{12}\text{O}_{32}(\text{OH})_2\text{Cl}$. Назв. из-за хорошей растворимости в кислотах от греч. «хорошо растворяться». Описан в 1819 г. Син.: саамская кровь. Примеси: К, Ti, Nb. Mn-оксидэвдиалит (описан в 1953 г. Е. И. Семеновым) — $\text{Na}_6\text{Ca}_3\text{Mn}^{3+}\text{ZrSi}_{12}\text{O}_{32}(\text{OH})_2\text{Cl}$, примесь Н. Триг. с. Кл. симм. дитригонально-пирамидальный. Пр. гр. $R\bar{3}m$. $Z = 6$, $a_0 = 1,434$ нм, $c_0 = 3,021$ нм (эвдиалит). Стр. островная. Кристаллы толстотаблитчатые, пластинчатые, реже призматические. Простые формы: {0001}, {10 $\bar{1}$ 1}, {10 $\bar{1}$ 3}, {10 $\bar{1}$ 0}, {11 $\bar{2}$ 0}. Агрегаты зернистые, сплошные массы.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет красный (эвдиалит), малиновый, фиолетовый (Mn-оксидэвдиалит). Фиолетовая, малиновая окраска связана с Mn^{3+} . Бл. стеклянный. Одноосный, положительный или отрицательный. $n_e = 1,598$, $n_o = 1,595$, $n_e - n_o = 0,003$ (эвдиалит), $n_e = 1,66$, $n_o = 1,65$, $n_e - n_o = 0,01$ (Mn-оксидэвдиалит). Плеохр. отчетливый. Тв. 5—6. Сп. несовершенная по {0001}. Пл. (г/см³): эвдиалит — 2,9. Mn-оксидэвдиалит — 2,8.

Нахождение — нефелиновые сиениты и их пегматиты (нефелин, эгирин, полевые шпаты). Местор.: СССР (Хибин, Ловозерское), Гренландия (Илимаусак). Перспективный ювелирный и поделочный камень, особенно в ассоциации с зеленым эгирином. Коллекц. минерал. Диагностируют по физическим свойствам.

ЭНСТАТИТ $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Назв. от греч. «противник», так как имеет высокую температуру плавления. Примеси Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Mn, Ti, Ni, Ca. Крайний член непрерывной серии твердых растворов, в которой замещение происходит в пределах составов от $\text{Mg}_{100}\text{Fe}_0^{+2}$ (энстатит) до $\text{Mg}_{10}\text{Fe}_{90}^{2+}$ (ферросилит). Кроме энстатита, содержащего 0—12% ферросилита, в ювелирном деле используется бронзит (12—30% ферросилита) и гиперстен (30—50% ферросилита). Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pbca$. $Z = 8$. $a_0 = 0,822$ нм, $b_0 = 0,881$ нм, $c_0 = 0,521$ нм. Стр. цепочечная (пироксен).

Кристаллы призматического, таблитчатого облика. Наиболее распространенные простые формы: {010}, {110}, {100}. Агрегаты зернистые. Двойникование по (100) простое и полисинтетическое.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Бесцветный, зеленый, желтый, коричневый, серый, черный. В спектре поглощения всегда отмечаются л. абс. (нм): 506 и 547. Могут также наблюдаться л. абс. (нм) при: 449, 455, 459, 488, 502, 509, 555. В УФ-лучах инертен. Бл. стекл. ланьный. Двуосный, $2V = +55-90^\circ$. $n_g = 1,658-1,680$, $n_m = 1,653-1,671$, $n_p = 1,650-1,662$, $n_g - n_p = 0,007-0,011$. Тв. 5-6. Хрупкий. Сп. ясная по {110}, угол между пл. спайности 85° . Отдельность по {100} и {010}. Излом неровный. Пл. 3,10-3,20 г/см³.

Нахождение — в изверженных горных породах ультраосновного и основного состава (оливин, гиперстен, бронзит, диопсид, авгит и др.) в контактово-метасоматических образованиях (роговики). Местор.: СССР (Урал), Индия, Бирма, Шри-Ланка, Танзания, США (шт. Аризона и др.), ЮАР (Кимберли), Бразилия, Австрия, Норвегия, Гренландия.

Применение в ювелирном деле ограничено. Прозрачные камни ограняются различными видами огранки, непрозрачные обрабатываются в форме кабошонов. Коллекц. минерал. Энстатит, бронзит и гиперстен идентифицируют по пл. и оптическим свойствам. Непрозрачные разновидности черного цвета из Индии (энстатит, бронзит) проявляют астеризм в виде четырехлучевой звезды.

ДИОПСИД $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Назв. от греч. «два» и «вид». Впервые описан в 1800 г. (Andrada). Син.: малаколит, алаит (изл.). Крайний член непрерывной изоморфной серии диопсид — геденбергит. Промежуточные члены: салит, ферросалит. Примеси: Zn , Mn , Fe^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Al^{3+} , Na . В зависимости от примесей выделяются следующие разнов.: Cr^{3+} — хромдиопсид, V^{3+} — лавровит, Mn^{2+} — шефферит, Mn^{2+} и Zn^{2+} — джефферсонит. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/c$. $Z = 4$. $a_0 = 0,973$ нм, $b_0 = 0,891$ нм, $c_0 = 0,525$ нм. $\beta = 105,5^\circ$. Стр. цепочечная (пироксен). Кристаллы призматические, короткостолбчатые. Простые формы: {100}, {010}, {111}, {110}, {001}. Двойникование по (100) и (001), простые и полисинтетические. Агрегаты зернистые, шестоватые, радиально-лучистые.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный (редко), белый, серый, голубовато-зеленый, голубой (редко), ярко-зеленый (Cr^{3+}), желтовато-, бутылочно-зеленый, бледно-желтый, желтовато-коричневый, красновато-коричневый, розоватый, голубовато-фиолетовый (Mn^{2+}), черный. Известны зеленый диопсид с эффектом кошачьего глаза и темно-зеленый и черный диопсид с астеризмом в виде четырехлучевой звезды. Л. абс. (нм): голубой — 578 (Fe^{2+} , Fe^{3+}), фиолетовый — 530 (Mn^{2+}), светло-зеленый — 1052, 800, 641, 518, 444, 416, ярко-зеленый — 638 и 450 (Cr^{3+}). Разновидности по цвету: лиловый — виолан, светло-розовый — антохронит, изумрудно-зеленый — хромдиопсид и смарагдит (частично замещен роговой обманкой). В УФ-лучах инертен, голубоватый, желтовато-белый,

оранжевый (254 нм), коричнево-желтый (365 нм). Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = +50-60^\circ$. $n_g = 1,696-1,721$, $n_m = 1,672-1,701$, $n_p = 1,664-1,695$, $n_g - n_p = 0,024-0,031$. Оптические свойства меняются в зависимости от состава. Тв. 5,5—6,5. Хрупкий. Сп. средняя по {110}. Угол между направлениями спайности 87° . Может наблюдаться отдельность по {100 — диаалла}. Излом раковистый, неровный. Пл. 3,22—3,28 г/см³.

Нахождение — изверженные породы ультраосновного, основного состава (оливин, пироксен, полевые шпаты и др.), контактово-метасоматические образования (гранаты, магнетит, волластонит, везувин, пирротин, халькопирит, кварц и др.), кимберлиты, россыпи. Местор.: СССР (Урал, Средняя Азия, Забайкалье), Бирма, Италия (Пьемонт), Мадагаскар, Шри-Ланка, Австрия, ГДР (Рудные горы), СРР, Канада (Онтарио, Квебек), США (штаты Калифорния, Нью-Йорк), Финляндия, Индия.

В ювелирном деле используются хромдиопсид и промежуточные члены ряда диопсид — геденбергит. Прозрачные красиво окрашенные разности ограняются различными видами огранки. Черные непрозрачные камни из Индии, обладающие астеризмом и эффектом кошачьего глаза обрабатываются в форме кабошонов. Виолан и антохроит используются для изготовления бус и инкрустаций. Некоторые разнов. диопсида имеют местное название: алаит — зеленый (Ала, Пьемонт, Италия), байкалит — голубовато-зеленый (Забайкалье, СССР). Разновидности диопсида диагностируют по оптическим свойствам и спектрам абс.

Хромдиопсид — разнов. диопсида. Прозрачный. Цвет изумрудно-зеленый, зеленый, желтовато- и густо-зеленый, зеленый. Двуосный, $2V = +55^\circ$. $n_g = 1,702-1,708$, $n_m = 1,680-1,686$, $n_p = 1,671-1,672$, $n_g - n_p = 0,028-0,031$. Плеохр.: желто-зеленый, изумрудно-зеленый. Нахождение — кимберлиты, эклогиты, базальты, дуниты, андезиты, трахиандезиты, диопсид-ортоклаз-вермикулитовые жилы ультраосновных пород. Местор.: СССР (Инаглинское), Финляндия, ЮАР. Используется как ювелирный камень. При обработке применяется изумрудная огранка. От изумруда отличается более высокими пл. и n , меньшей тв.

СПОДУМЕН $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Впервые обнаружен в пегматитах Уте (Швеция), описан в 1800 г. Дж. Андрада. Назв. от греч. «превращенный в пепел» из-за пепельно-серой окраски. Син.: трифан. Разнов.: кунцит, гидденит. Примеси Rb, Cs, Cr, Fe, H, V, Mn. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/c$. $Z = 4$. $a_0 = 0,952$ нм, $b_0 = 0,832$ нм, $c_0 = 0,525$ нм, $\beta = 110,5^\circ$. Стр. цепочная (пироксен). Призматические кристаллы, иногда очень крупного размера (более 10 м). Кристаллы ювелирного качества обычно мелкие.

Прозрачный. Бесцветный, желтый, серый, желто-зеленый. (Л. абс., нм: 437, 433); розовый, сиреневый, фиолетовый — кунцит, изумрудно-зеленый — гидденит. В УФ-лучах иногда светится розовым, оранжево-желтым цветом. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Двуосный,

$2V = +55-68^\circ$. $n_g = 1,662-1,668$, $n_m = 1,655-1,673$, $n_p = 1,648-1,670$, $n_g - n_p = 0,012-0,027$. Дисперсия 0,017. Плеохр. отчетливый: желтый — бледно-желтый — бесцветный. Тв. 6,5—7. Хрупкий. Сп. совершенная по {110}. По {100} — отдельность. Излом раковистый. Пл. 3,0—3,2 г/см³.

Нахождение — характерный минерал гранитных пегматитов (альбит, лепидолит, рубеллит). Местор.: Афганистан, США (шт. Северная Каролина), Мадагаскар, Бразилия, Пакистан, СССР, Мозамбик.

В ювелирном деле широко используются прозрачные разновидности, особенно кунцит. При обработке применяют бриллиантовую, ступенчатую, фантазийную типы огранок. Для выявления наиболее густого тона площадку располагают под углом 25° к ребру призмы. Определяется по двупреломлению, отчетливому плеохроизму, наличию спайности.

Кунцит — разнов. сподумена. Назв. по имени Г. Ф. Кунца, впервые в 1902 г. описавшего розовый сподумен из Калифорнии (США). Примеси: Rb, Cs, Mn. Цвет розовый, фиолетово-розовый, связан с Mn^{2+} и Mn^{3+} . При облучении становится зеленым. Под действием солнечного света обесцвечивается. В УФ-лучах светится желтым, оранжевым цветом. $n_g = 1,662-1,668$, $n_m = 1,655-1,673$, $n_p = 1,648-1,670$. $n_g - n_p = 0,014-0,027$. Плеохр.: N_p — темно-фиолетовый, темно-розовый, N_m — фиолетовый, розовый, N_g — бесцветный. Пл. 3,16—3,20 г/см³.

Нахождение — редкометальные гранитные пегматиты. Местор.: США (шт. Калифорния), Бразилия (Минас-Жерайс), Мадагаскар, Афганистан. При диагностике не следует путать с воробьевитом, топазом, рубеллитом, шпинелью и др.

Гидденит — разнов. сподумена. Назв. по имени амер. минералога У. Э. Гиддена (1853—1918), нашедшего его в 1879 г. в США (шт. Северная Каролина). Прозрачный. Цвет изумрудно-зеленый, связан с Cr^{3+} и V^{3+} . Л. абс. (нм): 990, 686, 669, 646, 620. В УФ-лучах инертен, иногда светится слабым красновато-желтым цветом. $n_g = 1,662-1,688$, $n_m = 1,655-1,673$, $n_p = 1,648-1,670$, $n_g - n_p = 0,014-0,027$. Плеохр.: n_p — изумрудно-зеленый, n_m — голубовато-зеленый, n_g — бесцветный. Пл. 3,1—3,2 г/см³.

Нахождение — микроклиновые пегматиты (изумруд, микроклин, кварц), минерализованные трещины гидротермально-метасоматического происхождения (адуляр, кварц). Местор.: США (Северная Каролина, р-н Стоуни-Пойнт). Похож на изумруд, эвклаз, хризоберилл, хромдиопсид.

ЖАДЕИТ $NaAl[Si_2O_6]$. Назв. от исп. «камень бока». Впервые описан в 1869 г. (А. Damour). Примеси: Fe, Mg, Ca. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/c$. $Z = 4$. $a_0 = 0,950$ нм, $b_0 = 0,861$ нм, $c_0 = 0,524$ нм, $\beta = 107^\circ 26'$. Стр. цепочечная (пироксен). Обычно с примесью диопсидовой, эгириновой и геденбергитовой молекулы. Кристаллы очень редки. Агрегаты: тонко-, средне- до крупнозернистых, с мозаичной микротекстурой.

Полупрозрачный (наиболее тонкозернистый), просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет — белый, серый, серовато-зеленый, зеленый различных оттенков, голубой, синий, желтый, оранжевый, бурый, красный, розовый, розовато-фиолетовый (лавандовый), черный. Окраска связана с Fe^{2+} и Fe^{3+} . Полупрозрачная изумрудно-зеленая разновидность — империл, окраска обусловлена Cr^{3+} или Fe^{2+} , Fe^{3+} . Л. абс. (нм): 430, 437, 450 (495), 630, 655, 691. В УФ-лучах белый (254 нм), инертен, иногда слабый зеленый, серо-голубой (365 нм). Бл. стеклянный. Двуосный. $2V = +67-71^\circ$, $n_g = 1,652-1,667$, $n_m = 1,645$, $n_p = 1,640$. $n_g - n_p = 0,012-0,020$. Тв. 6—7. Сп. ясная по {110}, отдельность по {010} и {001}. Излом неровный. Пл. 3,25—3,50 г/см³.

Нахождение — жадеитизированные интрузивные кислые, средние, основные породы, породы эффузивно-осадочных формаций, конгломераты, аллювиальные, элювиально-делювиальные россыпи. Местор.: СССР (Итмурундинское, Лево-Кечпельское, Кашкарарское), Бирма, Гватемала, США (шт. Калифорния), Япония (о. Хонсю), КНР, Мексика, Новая Зеландия, Индия.

Используется с древних времен как ювелирный (империл) и поделочный (сорта: коммерциал — зеленый непрозрачный с прожилками и пятнами полупрозрачного изумрудно-зеленого и ютитит — ярко-, серо-зеленый непрозрачный) камень. Обрабатывают кабошонами. Облагораживают путем подкрашивания органическими красителями, что определяется по неравномерному распределению окраски, которая может быть удалена HNO_3 и др. От нефрита отличается зернистой структурой, более высокими n и пл., л. абс. (437, 433, 450 нм), изумруда, хризопраза, мторолита — более низкой тв., более высокими n и пл., л. абс., амазонита — характерной структурой, флюорита — более высокими тв., пл., n , смитсонита (бонамита) — более низкой тв., более высокой пл. Как поделочный камень применяется также муу-сит-сит — зеленая с темными прожилками и пятнами альбит-жадеитовая порода.

ВОЛЛАСТОНИТ $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Назв. в честь англ. минералога и химика В. Х. Волластона (1766—1828). Син.: дощатый шпат. Примеси: Fe, Mn, Mg. Трикл. с. Кл. симм, пинакоидальный. Пр. гр. $P1$. $Z = 6$. $a_0 = 0,794$ нм, $b_0 = 0,732$ нм, $c_0 = 0,707$ нм. $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 95,4^\circ$, $\gamma = 103,4^\circ$. Стр. цепочечная. Таблитчатые, пластинчатые, столбчатые кристаллы. Наиболее распространенные простые формы {100}, {001}, {120}, {101}. Зернистые, листоватые, шестоватые, радиально-лучистые агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый, серый, желтый, оранжевый, коричнево-оранжевый, красный, коричневый, зеленовато-коричневый. В УФ-лучах инертен, голубовато-зеленый, желтый. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Двуосный, $2V = -38-60^\circ$, $n_g = 1,631-1,653$, $n_m = 1,628-1,650$,

$n_p = 1,616-1,640$. $n_g - n_p = 0,015$. Тв. 5—4,5. Хрупкий. Сп. совершенная по {100} и средняя по {001}. Пл. 2,80—3,09 г/см³.

Нахождение — скарны (диопсид, эпидот, гроссуляр, везувиан, кальцит). Местор.: США (штаты Калифорния, Аляска, Пенсильвания и др.), Канада (Онтарио, Квебек), Мексика, Норвегия, Финляндия, СРР. Использование в ювелирном деле ограниченное. Обрабатывается в виде кабошонов. Диагностируют по физическим свойствам.

РОДОНИТ (Mn, Ca)₅[Si₅O₁₅]. Назв. от греч. «розовый». Син.: рубиновый шпат. Примеси: Fe, Al, щелочи. Трикл. с. Кл. симм. пинакоидальный. Пр. гр. P1. $Z = 10$. $a_0 = 0,779$ нм, $b_0 = 1,247$ нм, $c_0 = 0,675$ нм. $\alpha = 85^\circ 10'$, $\beta = 94^\circ 04'$, $\gamma = 111^\circ 29'$. Стр. цепочечная. Кристаллы таблитчатые, изометрические, призматические. Агрегаты сплошные, плотные, скрытокристаллические и зернистые массы. В сплошных массах определяется по характерному цвету с черными прожилками.

Прозрачный (редко), полупрозрачный, непрозрачный, обычно просвечивает в тонких сколах. Цвет розовый, розово-красный, красновато-бурый, малиновый, вишневый, розовато-серый, часто с прожилками оксидов и гидроксидов марганца черного цвета. Розовый цвет обусловлен Mn²⁺, л. абс. (нм): широкая 548, узкая 503, диффузная 455, иногда 412 и 408. В УФ-лучах тускло-красный (254 нм). Бл. стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом, в массивных разностях тусклый. Двусосный, $2V = +70-74^\circ$, $n_g = 1,724-1,739$, $n_m = 1,725-1,731$, $n_p = 1,711-1,726$, $n_g - n_p = 0,009-0,013$. Для прозрачной разнов. $n_g = 1,723-1,726$, $n_m = 1,728-1,729$, $n_p = 1,735-1,737$. $n_g - n_p = 0,011-0,012$. Плеохр. слабый: желтовато-красный, розовато-красный, бледный желтовато-красный. Тв. 5—6,5. Хрупкий. Сп. совершенная по {110} и $\{1\bar{1}0\}$, менее совершенная по {001}. Излом раковистый, неровный. Пл. 3,4—3,75 г/см³ (3,57—3,66 г/см³ — зернистые массы, 3,66—3,68 г/см³ — прозрачные разнов.).

Нахождение — породы регионального и контактового метаморфизма, иногда гидротермальные образования (оксиды Mn, спессартин, кварц, тефроит, родохрозит). Местор.: СССР (Малосидельниковское, Кургановское, Алтын-Топкан), Австралия, Испания (Гуэльве), США (шт. Коннингем), Швеция (Пайсберг, Лонгбан), Мексика, Япония, Танзания, Индия, Мадагаскар, Великобритания и др.

Используется как ювелирный и поделочный камень (для изготовления украшений и декоративно-художественных изделий) родонитовая порода — орлец. Обрабатывают в форме кабошонов. Прозрачную разнов. ограняют (гранить трудно в связи с тем, что кристаллы имеют совершенную сп. в одном направлении). Диагностируют по физическим свойствам.

ТРЕМОЛИТ Ca₂Mg₅(OH)₂[Si₄O₁₁]₂. Крайний член изоморфного ряда тремолит — актинолит. Назв. по месту находки в долине Тремоля в Альпах (Швейцария) (J. G. Hürfer, 1790). Син.:

грамматит. Примеси: Fe, Cr. Монокл. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/m$. $Z=2$. $a_0=0,980$ нм, $b_0=1,78$ нм, $c_0=0,527$ нм, $\beta=106^\circ 22'$. Стр. ленточная (амфибол). Кристаллы длиннопризматические, игольчатые. Простые формы: $\{110\}$, $\{010\}$, $\{111\}$, $\{001\}$. Агрегаты лучисто-шестоватые, спутанно-волокнистые, скрытокристаллические. Встречаются образцы, обладающие эффектом кошачьего глаза.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый, светло-зеленый, синий (винчит), розовый (гексагонит), коричневый. Л. абс. 437 нм. Голубая окраска обусловлена $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, л. абс. (нм): 580, 637. Cr-содержащий тремолит дает л. абс., обусловленные Cr^{3+} . В УФ-лучах инертен, иногда зеленовато-белый, желтоватый, тусклый, желтый, гексагонит — оранжевый, розовый, красный. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V=-81-85^\circ$. $n_g=1,624-1,643$, $n_m=1,613-1,615$, $n_p=1,599-1,603$. $n_g-n_p=0,025-0,027$. Плеохр.: N_g — зеленый, N_m — светло-зеленый, N_p — желто-зеленый; гексагонит: N_g — пурпурный, N_m — розовый, N_p — бледно-пурпурный. Тв. 5—6. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{110\}$, несовершенная по $\{010\}$. Излом неровный. Пл. 2,9—3,2 г/см³.

Нахождение — породы контактового и регионального метаморфизма (талек, кальцит, доломит, серпентин, диопсид, апатит, сфен, эпидот, хлорит и др.). Местор.: СССР (Прибайкалье, Урал), США (штаты Калифорния, Аризона, Юта и др.), Италия, Швейцария, Австрия, Канада, Бирма, Танзания, Сьерра-Леоне.

Используется в ювелирном деле широко (нефрит, гексагонит). Прозрачные разности ограняются, полупрозрачные обрабатываются в форме кабашонов. Диагностируют по физическим свойствам.

АКТИНОЛИТ $Ca_2Fe_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$. Крайний член изоморфного ряда актинолит—тремолит. Назв. от греч. «луч» и «камень» в соответствии с характерной формой выделений. Син.: лучистый камень (R. Kirwan, 1794). Примеси: Mg, Mn, Al. Монокл. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/m$. $Z=2$. $a_0=0,985$ нм, $b_0=1,810$ нм, $c_0=0,530$ нм, $\beta=104^\circ 5'$. Стр. ленточная (амфибол). Кристаллы призматические, шестоватые. Агрегаты волокнистые, радиально-лучистые, зернистые скрытокристаллические, плотные.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет зеленый различных оттенков, серовато-зеленый, черный. Окраска обусловлена ионами Fe, л. абс. слабая 503 нм. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V=-78^\circ$, $n_g=1,642-1,644$ (1,705), $n_m=1,632-1,634$ (1,696), $n_p=1,619-1,622$ (1,688), $n_g-n_p=0,022-0,026$. Плеохр.: N_g — бледно-зеленый, голубовато-зеленый, N_m — бледный желто-зеленый, зеленоватый, N_p — бледно-желтый. Тв. 5,5—6. Хрупкий, вязкий. Сп. совершенная по $\{110\}$, несовершенная по $\{010\}$. Излом неровный, занозистый. Пл. 3,05—3,44 г/см³.

Нахождение — породы контактового и регионального метаморфизма (талек, хлорит, серпентин, магнетит, рутил и др.). Местор.: СССР (Урал, Забайкалье, Средняя Азия), США, Танзания, Мадагаскар, ГДР.

Используется в ювелирном деле широко. Нефрит и разновидности с эффектом кошачьего глаза обрабатываются в виде кабошонов. Прозрачные камни ограняются.

Нефрит — массивная скрытокристаллическая разновидность минералов изоморфного ряда актинолит — тремолит. Назв. от греч. «почка». Полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет белый, кремовый, разнообразные оттенки зеленого, желтый, желтовато-зеленый, серовато-коричневый, голубой, черный. Окраска светлых тонов (белая, кремовая) у разновидностей, обогащенных магнием. Различные оттенки зеленого, желтого, коричневого связаны с Fe^{2+} и Fe^{3+} , л. абс. (нм): 414, 460, 490, 510, 665, 696 [11]. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный до жирного, тусклый. Тв. 5,5—6. Вязкий. Пл. 2,90—3,44 г/см³, обычно 2,95 г/см³.

Нахождение — пневматолито-гидротермальный (в серпентинитах), на контакте с дайками и жилами основных или кислых пород, в метаморфических породах на контакте с серпентинитами и в серпентинитах, россыпи. Местор.: СССР (Буромское, Гора Бикиляр, Горыкгольское, Зуносинское, Оспинское, Парамское, Уланходинское), Канада, Австралия, США, Новая Зеландия, ГДР, КНР, о. Тайвань, ПНР, Италия.

Используется в ювелирном деле широко с древних времен для изготовления декоративных изделий и украшений. Обрабатывается в форме кабошонов. Нефрит можно спутать с жадеитом. Отличается по характеру микроструктуры (спутанно-волоконистая у нефрита, зернистая у жадеита), тв., пл., светопреломлению, характерным л. абс. В качестве имитации нефрита используют гидрогроссуляр (трансваальский жад), калифорнит (везувиан), бовенит (серпентин), пренит, отличающиеся по физическим свойствам.

СЕРПЕНТИН $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$. Назв. от лат. «змея» из-за пятнистой окраски некоторых серпентиновых пород, напоминающей кожу змеи. Мон. с. Стр. слоистая. В хорошо образованных кристаллах не найден. Агрегаты спутанно-волоконистые (хризотил), листоватые (антгорит), скрытокристаллические (серпофит).

Прозрачный (ретинолит), полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет зеленый различных оттенков, белый, голубовато-белый, коричневатокрасный, яблочно-зеленый (вильямсит), голубовато-зеленый, желтовато-зеленый (бовенит), желтый и желто-зеленый (ретинолит). Л. абс. (нм): 492, 464 (бовенит). В УФ-лучах инертен, вильямсит беловато-зеленый (365 нм). Бл. стеклянный, жирный, восковой, матовый. Двуосный, отрицательный. $2V$ колеблется в широких пределах, $n_g = 1,545—1,571$, $n_m = 1,566—1,570$, $n_p = 1,532—1,569$, $n_g - n_p = 0,011—0,014$. Тв.

2,5—3,5; 4—6 (бовенит). Сп. совершенная по {001} (антигорит). Пл. 2,44—2,70 г/см³, 2,58—2,62 г/см³ (бовенит).

Нахождение — продукты изменения основных и ультраосновных пород (оливин, пироксен, пироп, хромит, магнетит, магнезит, брусит, опал, халцедон и др.). Местор.: СССР (Урал, Казахстан, Сибирь, Кавказ), ГДР, ФРГ, Новая Зеландия, КНР, Афганистан (бовенит), США (Мериленд — вильямсит), Индия, Великобритания, Греция, Италия, АРЕ (серпентин).

Используется в ювелирном деле широко. Полупрозрачные разнов. ярких окрасок (вильямсит) ограняются. Камни с эффектом кошачьего глаза обрабатываются в форме кабшонов. В качестве декоративно-поделочного материала используется серпентиновая порода — серпентинит (змеевик). Диагностируют по характерному цвету, низкой тв.

Официальцит (офиокальцит) — контактово-метаморфическая горная порода, состоящая из серпентина, кальцита, доломита или магнезита. Непрозрачный. Цвет зеленый, бурый. Рисунок различный, создается вкрапленностью серпентина — полосчатый, сетчатый, пятнистый. Может наблюдаться л. абс. ~ 465 нм. Тв. 3. Пл. 2,48—2,77 г/см³. Син.: официт, мрамор Кафнемара, ирландский зеленый мрамор. Местор.: СССР (Урал, Средняя Азия, Закавказье).

Используется как декоративно-поделочный материал. Диагностируют по цвету, низкой тв., реакции с HCl (вскипает с выделением CO₂).

ПИРОФИЛЛИТ Al₂[Si₄O₁₀](OH)₂. Назв. получил из-за способности расслаиваться при нагревании от греч. «огонь» и «лист». Открыт в 1829 г. Р. Германном. Примеси: Mg, Fe. Мон. с. Кл. симм. призматический или доматический (диэдрический безосный). Пр. гр. C2/c или Cc. Z = 2. a₀ = 0,515 нм, b₀ = 0,892 нм, c₀ = 1,859 нм. Стр. слоистая.

Агальматолит — пластинчатые, чешуйчатые агрегаты, иногда плотные, скрыточешуйчатые. Назв. от греч. «статуя» из-за применения для изготовления сувенирных изделий, фигур китайских божков и пр. Син.: пагодит от назв. буддийского храма или идола.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах, полупрозрачный. Цвет белый, с желтоватым оттенком, светло-зеленый. В УФ-лучах (365 нм) иногда люминесцирует коричневатобелым. Бл. стеклянный, с перламутровым отливом, жирный, восковой. Двусный, 2V = -53—62°. n_g = 1,600, n_m = 1,590, n_p = 1,552, n_g - n_p = 0,048. Тв. 1. Сп. весьма совершенная по {001}. Пл. 2,79—2,84 г/см³.

Нахождение — метаморфические сланцы, богатые Al, вторичные кварциты, гидротермальные кварцевые жилы. Местор.: СССР (Урал — Березовское, Пышминское; Украина — Овруч), США (штаты Арканзас, Джорджия, Северная Каролина), Бразилия (Минас-Жерайс); агальматолит — КНР, СССР (Тува).

Используется как поделочный камень в основном агальматолит для изготовления декоративно-художественных изделий, пирофиллит — редко. Очень похож на тальк, от которого отличается реакцией на Al (в растворе $\text{Co}[\text{NO}_3]_2$ после прокаливания дает синий цвет). Диагностируют по цвету, низкой тв.

ХРИЗОКОЛЛА $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Хим. состав переменный, часто содержит примеси: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , CaO , MgO и др. Гель. Раскристаллизованные разности относят к ромб. (?) или мон. с. Назв. от греч. «золото» и «клеить», в связи с использованием в древности для спайки золота. Син.: эйлат, или эйлат-камень (по названию залива в Красном море). Коллоидные, опаловидные массы в виде корочек с натечной или пузырчатой поверхностью, землистые рыхлые образования.

Просвечивает в тонких сколах. Цвет голубой, голубовато-зеленый, синий, обусловлен наличием Cu^{2+} . В УФ-лучах инертен. Бл. матовый, у опаловидных разностей — стеклянный. Изотропна, иногда анизотропна, в связи с частичной раскристаллизованностью: двуосная, отрицательная. $n_g = 1,598-1,635$, $n_m = 1,597$, $n_p = 1,585$, $n_g - n_p = 0,013-0,050$. Средний $n = 1,50$. Тв. 2—4 (иногда пропитана кварцем, тв. такого агрегата повышается до 6—7). Хрупкая. Сп. отсутствует. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,00—2,45 г/см³.

Нахождение — зоны окисления медных месторождений в районах с сухим климатом. Наблюдаются псевдоморфозы хризоколлы по малахиту, азуриту, атакамиту, либетениту, церусситу, кальциту и др. Местор.: СССР (Урал, Казахстан), США (штаты Невада, Нью-Мексико, Аризона), Заир, Чили и др. Используется в ювелирном деле ограниченно, в основном как имитация бирюзы (отличается меньшей тв., инертностью в УФ-лучах и др.). Обрабатывается в форме кабошонов.

ЧАРОИТ $\text{K}_2\text{NaCa}_5[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_3\text{F}_3\text{H}_2\text{O}$. Назв. по месту находки в районе р. Чары в Мурунском массиве, северо-западный Алдан, Якутская АССР. Открыт в 1978 г. В. П. Роговой. Примеси: Ba, Sr, (OH). Мон. с. $Z = 6$. $a_0 = 3,182$ нм, $b_0 = 0,713$ нм, $c_0 = 2,210$ нм, $\beta = 94,2^\circ$. Стр. слоистая. Тонко- или параллельно-волокнистые агрегаты.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет сиреневый, фиолетовый. Бл. стеклянный с шелковистым отливом. Двуосный, $2V = +28-30^\circ$. $n_g = 1,559$, $n_m = 1,553$, $n_p = 1,550$. $n_g - n_p = 0,009$. В толстых шлифах плеохр.: N_g — бесцветный, N_p — розовый. Тв. 5—6. Сп. средняя. Пл. 2,54 г/см³.

Нахождение — скарны (канасит, тенаксит). Местор. Якутия. Используется как ювелирный и поделочный камень для украшений и декоративных изделий (вазы, шкатулки и др.). Обрабатывается в виде кабошонов. Диагностируют по характерному цвету, тв., пл.

НЕФЕЛИН $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$. Назв. от греч. «облако», так как при погружении в кислоту мутнеет. Впервые описан

Р. Ж. Гаюи в 1800 г. Гекс. с. Кл. симм. гексагонально-пирамидальный. $R6_3$. $Z = 2$. $a_0 = 1,001$ нм, $c_0 = 0,841$ нм. Стр. каркасная. Кристаллы призматические, короткостолбчатые. Простые формы $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}0\}$. Агрегаты зернистые, массивные.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет — бесцветный, белый, серый, желтоватый, голубоватый, зеленоватый, кирпично-красный, коричнево-красный. Элеолит — светлоокрашенный нефелин, встречающийся в виде крупнокристаллических или сплошных масс, иногда обладает эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах инертен, голубой, тускло-оранжевый (365 нм). Бл. стеклянный, в изломе жирный. Одноосный, (—), $n_o = 1,529-1,547$, $n_e = 1,526-1,542$, $n_o - n_e = 0,004$. Дисперсия низкая. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Сп. несовершенная по $\{0001\}$. Излом неровный. Пл. 2,55—2,66 г/см³.

Нахождение — щелочные изверженные породы (полевые шпаты, лейцит, арфведсонит, авгит, апатит и др.). Местор.: СССР (Урал — Ильменские горы, Средняя Азия), США (шт. Арканзас и др.), Италия (Везувий), Финляндия, Бирма, Канада, Норвегия. Использование в ювелирном деле ограничено. Элеолит с эффектом кошачьего глаза обрабатывают кабошонами, прозрачные разности ограняются. Диагностируют по физическим свойствам.

КАНКРИНИТ $\text{Na}_3\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_3(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$. Назв. в честь министра финансов России графа Е. Ф. Канкрин (1774—1845). Впервые описан в 1839 г. Примесь К. Гекс. с. Кл. симм. гексагонально-пирамидальный. Пр. гр. $R6_3$. $Z = 2$. $a_0 = 1,275$ нм, $c_0 = 0,514$ нм. Стр. каркасная. Кристаллы призматического габитуса, редки. Обычно встречается в сплошных массах.

Полупрозрачный, непрозрачный. Цвет белый, желтый, обусловлен карбонатными центрами CO_3^{2-} и CO_2 . Л. абс. (нм): 250, 280, 350. В УФ-лучах инертен, в рентгеновских — оранжево-желтый. Бл. на плоскостях спайности стеклянный с перламутровым отливом, в изломе жирный. Одноосный (—), $n_o = 1,515-1,528$, $n_e = 1,491-1,503$, $n_o - n_e = 0,022-0,025$. Тв. 5—6. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{1010\}$. Пл. 2,42—2,50 г/см³. В HCl растворяется с выделением CO_2 .

Нахождение — нефелиновые сиениты и их пегматиты (вишневит, нефелин, полевые шпаты, эгирин, биотит). Местор.: СССР (Урал — Ильменские горы, Тува), Норвегия, США (шт. Мэн), Канада. Использование в ювелирном деле ограниченное. Диагностируют по оптическим свойствам и реакции с HCl.

ВИШНЕВИТ $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4)3\text{H}_2\text{O}$. Минерал из группы канкринита. Впервые описан Д. С. Белянкиным в 1931 г. Назв. по месту находки в Вишневых горах на Урале. Примеси: К. Гекс. с. $Z = 1$. $a_0 = 1,297$ нм, $c_0 = 0,530$ нм. Стр. каркасная. Обычно встречается в виде сплошных масс и вкраплений.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет синий, обусловлен наличием электронных центров $(\text{SO}_3)^-$ Л. абс.

600 нм. Бл. стеклянный, на плоскостях сп. с перламутровым отливом, в изломе не по сп. — жирный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,490$, $n_e = 1,488$, $n_o - n_e = 0,002$. Тв. 5. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{10\bar{1}0\}$. Пл. 2,30 г/см³.

Нахождение — нефелиновые сиениты и их пегматиты (канкринит, нефелин, полевые шпаты, эгирин, биотит). Местор.: СССР (Урал — Вишневые горы, Кольский п-ов). В ювелирном деле используется как поделочный камень. Сходен по внешнему виду, особенно в полированных образцах, с лазуритом, содалитом, афганитом, дюмортьеритом и др. Диагностируют по оптическим свойствам.

СОДАЛИТ $\text{Na}_4[\text{AlSiO}_4]\text{Cl}$. Назв. по составу от «камень, содержащий натрий». Впервые описан в 1811 г. Примеси: S, OH. Разнов., содержащая S, — гакманит. Куб. с. Кл. симм. гексатетраэдрический. Пр. гр. $P\bar{4}3n$. $Z = 2$. $a_0 = 0,888$ нм. Стр. каркасная. Кристаллы редки, в виде ромбододекаэдров. Обычно зернистые или массивные агрегаты.

Полупрозрачный, непрозрачный, иногда прозрачный. Бесцветный, белый, серый, желтоватый, зеленоватый, голубой, синий, связан с электронным центром SO_3^- , л. абс. 600 нм. Черта белая. Гакманит — ярко-розовый, окраска мгновенно исчезает на свету и восстанавливается в темноте или под действием УФ-лучей и рентгеновских, связана с S^{2-} , л. абс. ~ 530 нм. В УФ-лучах оранжево-красный, фиолетовый (365 нм), бледно-розовый (254 нм). Бл. стеклянный, в изломе жирный. Изотропный. $n = 1,483-1,487$. Дисперсия 0,018. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Сп. средняя по $\{110\}$. Излом неровный, раковистый. Пл. 2,14—2,40 г/см³.

Нахождение — наутиты, сиениты. Местор.: Гренландия, Норвегия, Индия, США, Бразилия (Баия), Канада, Онтарио, Банкрот), Намибия (прозрачный), США (штаты Монтана; Южная Дакота, Колорадо, Арканзас, Мэн и др.), СССР (Кольский п-ов, Урал, Средняя Азия).

Используется как ювелирный и поделочный камень для изготовления украшений и декоративно-художественных изделий. При диагностике следует отличать от лазурита, лазулита, дюмортьерита, азурита, гаюина и других голубых и синих камней.

ГАЮИН $\text{Na}_3\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_3(\text{SO}_4)$. Назв. в честь франц. кристаллографа и минералога Р. Ж. Гаюи (1743—1822). Впервые описан в 1807 г. Примесь K. Куб. с. Кл. симм. гексатетраэдрический. Пр. гр. $P\bar{4}3n$. $Z = 1$. Стр. каркасная. Кристаллы — додекаэдры и октаэдры, округлые.

Прозрачный и просвечивает в тонких сколах. Цвет синий, голубой, зеленовато-синий, желтый, красный, серый. Голубая окраска обусловлена центром SO_3^- . Л. абс. ~ 600 нм. Цвет черты голубой. В УФ-лучах обычно инертен, иногда оранжево-красный. Бл. стеклянный, жирный в изломе. Изотропный. $n = 1,495-1,505$. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Сп. средняя по

{110}. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,44 — 2,50 г/см³.

Нахождение — в щелочных изверженных породах (лазурит, нефелин, лейцит). Местор.: СССР (Прибайкалье — Малобыстринское), США, Канада, Франция, Италия, Марокко. Используется в ювелирном деле ограниченно. Полупрозрачные разновидности ограняются, непрозрачные камни обрабатываются в форме кабошонов.

ЛАЗУРИТ $\text{Na}_3\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_3\text{Cl}$. Назв. по цвету от перс. «синий». Известен издавна, описан впервые в 1855 г. Минерал из группы содалита. Примеси: $(\text{SO}_4)^{2-}$, Sr, Mg, K, Fe^{3+} , H_2O и др. Куб. с. Кл. симм. гексатетраэдрический. Пр. гр. 14,32. $a_0 = 0,91$ нм. Стр. каркасная. Кристаллы редки в форме октаэдров или ромбододекаэдров. Обычно встречаются в виде лазуриновой породы (лапис-лазурь), в состав которой входят также кальцит или доломит, диопсид, флогопит, полевые шпаты, гаюин, содалит, глауколит, пирит и др.

Непрозрачный. Цвет фиолетово- и индигово-синий (сорт «ниили» в Афганистане), небесно-голубой, голубой (сорт «асмани»), зеленовато-синий (сорт «суфси»), желтый. Черта голубая. Окраска связана с ионами-радикалами SO_4^- , а также S_2^- (л. абс. 600 нм), зеленая — с S_2^- и S_3^- (л. абс. 400, 600 нм), желтая — с S_2^- (л. абс. 400 нм) [30]. Относительная концентрация этих центров окраски обуславливает вариации цвета лазуринов. Ляпис-лазурь имеет такую же окраску с белыми и серыми пятнами (карбонаты, полевые шпаты и др.) и яркими включениями золотистого и ярко-бронзового пирита. Белые пятна снижают, а включения пирита повышают декоративные достоинства и ценность камня. В УФ-лучах оранжево-красный, темно-голубой (365 нм), бледно-розовый (254 нм). Бл. стеклянный. Изотропный. $n = 1,502-1,505$. Иногда наблюдается аномальное двупреломление. Тв. 5—6. Сп. несовершенная по {110}. Излом неровный. Пл. 2,38—2,45 г/см³, у ляпис-лазури до 2,7—2,9 г/см³.

Нахождение — силикатно-магнезиальные и известковые скарны (диопсид, форстерит, флогопит, кальцит, доломит, полевые шпаты, пирит, глауколит, гаюин, нефелин, цеолиты). Местор.: Афганистан (Сары-Санг, Бадахшан) — лучший в мире, известен уже около 7000 лет, СССР (Малобыстринское и Слюдянское, Ляджбардаринское), Канада (Лейк-Харбор), Чили (Карен и др.) и др.

Применяется как ювелирный и поделочный камень с древних времен. Используется в виде кабошонов в кольцах, серьгах, подвесках, кулонах, брошах, в бусах и разнообразных декоративных изделиях (вазы, шкатулки и др.). Имитации: синтетический лазурит, лазулит, содалит, азурит, окрашенная яшма (швейцарский лазурит), стекла. Диагностируют по характерному цвету, физ. свойствам, включениям (пирит, кальцит, полевые шпаты), пл., реакции с HCl (выделяется H_2S).

ТУГТУПИТ $\text{Na}_4\text{Be AlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$. Назв. по месту находки в Туг-

туи, Гренландия. Открыт в 1960 г. Г. Соренсенем. Син.: бериллиевый содалит. Тетр. (псевдокуб.) с. $a_0 = 0,854$ нм, $c_0 = 0,887$ нм. Кристаллы призматические, зернистые массы.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет розовый, голубой. $n_g = 1,499$, $n_p = 1,595$, $n_g - n_p = 0,004$. Тв. 5. Пл. 2,33 г/см³.

Нахождение — науйит-пегматиты. Местор.: Гренландия (Илимаусак).

Используется как ювелирный и поделочный камень. Обрабатывается в форме кабошонов или гранями. При диагностике следует отличать от родохрозита (у последнего ниже тв., выше пл., n), родонита (выше пл., n).

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ. Группа минералов-алюмосиликатов, образующих изоморфные ряды: натриево-кальциевый (плагиоклазы): $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, калиево-натриевый: $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и калиево-бариевый: $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ba}[\text{AlSi}_2\text{O}_8]$. Стр. каркасная.

Плагиоклазы образуют изоморфный ряд, крайними членами которого являются альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ab}$ и анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8] - \text{An}$. Содержание анортитовой молекулы (An) в минералах следующее (%): альбит 0—10, олигоклаз 10—30, андезин 30—50, лабрадор 50—70, битовнит 70—90, анортит 90—100. Примеси: Ti, Fe³⁺, Fe²⁺, Mn, Mg, Ba, Sr. Трикл. с. Кл. симм. пинакоидальный. Пр. гр. $P\bar{1}$. Параметры элементарной ячейки (нм): альбит — $a_0 = 0,813$, $b_0 = 1,278$, $c_0 = 0,7154$, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,636 : 1 : 0,559$, $\alpha = 94^\circ 13'$, $\beta = 116^\circ 31'$, $\gamma = 87^\circ 40',5$; олигоклаз \approx андезин — $a_0 = 0,818$, $b_0 = 1,293$, $c_0 = 0,714$, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,633 : 1 : 0,552$; олигоклаз — $\alpha = 93^\circ 04'$, $\beta = 116^\circ 22'$, $\gamma = 90^\circ 05'$; андезин — $\alpha = 93^\circ 23'$, $\beta = 116^\circ 28'$, $\gamma = 89^\circ 59'$; лабрадор — $a_0 = 0,816$, $b_0 = 1,286$, $c_0 = 1,420$, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,635 : 1 : 2 \cdot 0,552$, $\alpha = 93^\circ 34'$, $\beta = 116^\circ 06'$, $\gamma = 89^\circ 54'$; битовнит \approx анортит — $a_0 = 0,8177$, $b_0 = 1,2877$, $c_0 = 1,4168$, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,635 : 1 : 2 \cdot 0,550$, $\alpha = 93^\circ 13'$, $\beta = 115^\circ 51'$, $\gamma = 91^\circ 13'$. $Z = 4$.

Зернистые агрегаты, друзы, кристаллы пластинчатые (альбит-клевеландит), таблитчатые, таблитчато-призматические. Часты двойники и зональные кристаллы. Простые формы: $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{101\}$. Характерны полисинтетические двойники.

Прозрачные, полупрозрачные, просвечивают в тонких сколах, непрозрачные. Бесцветный, белый, серый, с желтоватыми, зеленоватыми, красноватыми, синеватыми оттенками, черный. Альбит, олигоклаз, андезин и лабрадор могут обладать иризацией, которая лучше всего проявляется на плоскости (010), эффектом кошачьего глаза и астеризмом. В УФ-лучах слабая голубоватая, красновато-оранжевая люминесценция, часто инертен. Оптически двусосный. 2V: альбит $+77^\circ$, олигоклаз -82° , андезит $\pm 76-86^\circ$, лабрадор $+85^\circ$, битовнит -86° , анортит 70° . Показатели преломления: альбит $n_g = 1,538$, $n_m = 1,531-1,532$, $n_p = 1,527-1,528$, $n_g - n_p = 0,011$; олигоклаз $n_g = 1,547-1,549$,

$n_m = 1,543-1,546$, $n_p = 1,539-1,542$, $n_g - n_p = 0,007$; андезин $n_g = 1,551-1,557$, $n_m = 1,548-1,553$, $n_p = 1,543-1,550$, $n_g - n_p = 0,008$; лабрадор $n_g = 1,568-1,572$, $n_m = 1,563$, $n_p = 1,560$, $n_g - n_p = 0,012$; битовнит $n_g = 1,570-1,576$, $n_m = 1,565-1,572$, $n_p = 1,561-1,567$, $n_g - n_p = 0,009$; анортит $n_g = 1,589-1,590$, $n_m = 1,583-1,585$, $n_p = 1,576-1,577$, $n_g - n_p = 0,013$. Дисперсия 0,012. Тв. 6—6,5. Сп. совершенная по {010} и {001} под углом 93—94°. Излом неровный. Пл. (г/см³): альбит — 2,57—2,69; олигоклаз — 2,62—2,67; андезин — 2,65—2,69; лабрадор — 2,69—2,72; битовнит — 2,72—2,75; анортит — 2,75—2,77.

Нахождение — изверженные полевошпатовые породы (пироксены, роговая обманка, оливин, апатит) — лабрадор; микроклин-олигоклазовые гранитные пегматиты мусковитовой формации (гранат, турмалин, апатит, кварц, мусковит) — непрозрачные иризирующие олигоклазы типа беломорита; коры выветривания — лунный камень. Местор.: лабрадор — СССР (Украина — Головинское, Каменный Брод, Синий Камень, Гута, Добрынская, Киргизия — Кызыл-Омпульское), Канада; беломорит — СССР (Хето-Ламбино, Слюдяной Бор); лунный камень — Шри-Ланка (Амбалангода).

Альбит. Назв. по цвету от лат. «белый». Как ювелирные и поделочные камни применяются: 1) прозрачные и полупрозрачные разнов. альбита и альбит-олигоклаза с иризацией в голубых тонах, известные под названием «лунный камень»* — перистерит (от греч. «голубь», так как иризация напоминает радужное оперение на шее голубя). Иризация возникает при падении света под небольшим углом к плоскости спайности [13]; 2) голубоватый пластинчатый, гребенчатый альбит-клевеландит. Используется как поделочный камень; 3) жад — альбит. Син.: мосит-сит. Агрегат, представленный альбитом, среди которого рассеяны зерна Сг-содержащих щелочных пироксенов черного и зеленого цвета. Окраска зеленая, светло- до изумрудно-зеленой, неравномерная. Необходимо отличать от эпидота и жадеита. Место находки — Бирма.

Беломорит (олигоклаз). Непрозрачный белый лунный камень с иризацией в серых и сине-голубых тонах, возникающей при отражении света от плоскости спайности под углом 12—15°. Назв. по месту находки в Карелии.

Лабрадор. Назв. по месту находки на п-ве Лабрадор. Непрозрачный темно-синего, темно-серого цвета с иризацией, напоминающей отлив кошачьего глаза (гренландский) или павлиньего пера (индийский). Иризация (или лабрадоризация, лабрадоресценция) может быть сплошной или локальной, по характеру погасания — волнистой или мозаичной, по геометрии узора — каемочной, пятнистой, зональной, по цвету — одно-двух-, трехцветная в синих, зеленый, желтых, красных тонах.

* Полевые шпаты с иризацией в голубовато-серых и голубых тонах называют лунными камнями, с иризацией в желтых и оранжевых тонах — солнечными камнями.

Красивая разновид. лабрадора — спектролит (Финляндия, СССР — Урал). Природа лабрадоризации до сих пор точно не выяснена. Считают, что она является результатом интерференции света при диффузном отражении световых лучей плоскостью, расположенной под углом 15° к (010) и под углом 84° к (001) или при чередовании тончайших пластин состава $Ap\ 45$ и $Ap\ 55-60$ (М. Ясунори). Лабрадор с иризацией, как у лунного камня, называется черным лунным камнем (Бирма).

Плагиоклазы — лунные и солнечные камни — используются в ювелирном деле при изготовлении украшений. Обрабатываются в виде кабошонов. Лабрадор применяется в основном как поделочный камень, разности с сильной иризацией используются в ювелирных изделиях. Диагностируют по характерному цвету, иризации, тв., пл., люминесценции. Определение плагиоклазов внутри серии проводится по оптическим свойствам (в шлифах, с помощью универсального столика) и рентгеноструктурными методами.

Калиево-натриевые полевые шпаты $(K, Na)[AlSi_3O_8]$ образуют непрерывный ряд твердых растворов $K[AlSi_3O_8]$ — $Na[AlSi_3O_8]$, существующий при высоких температурах, при охлаждении происходит распад смешимости. В результате щелочные полевые шпаты состоят из двух фаз: в одной преобладает K , в другой — Na . Примеси: Ba , Ca , Ti , Fe^{3+} , Mg , Sr , Rb , Li и др. По температуре устойчивости и структуре выделяются следующие разновидности: анортотлаз и санидин (высокотемпературные), ортоклаз (устойчив при $500-300^\circ C$) и микроклин (устойчив ниже $300^\circ C$).

Ортоклаз. Назв. от греч. «прямой» и «трещина» за прямой угол между плоскостями спайности. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $C2/m$. $Z = 4$, $a_0 = 0,856$ нм, $b_0 = 1,306$ нм, $c_0 = 0,719$ нм, $\beta = 116^\circ 03'$. Кристаллы короткопризматические, таблитчатые. Простые формы: {001}, {010}, {011}, {110}, {101}. Зернистые, крупнокристаллические агрегаты. Двойники по карлсбадскому закону.

Прозрачный (редко), полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Бесцветный, белый, желтый различных оттенков, розовый, светло-коричневый, светло-зеленый. Л. абс. (нм): 420, 445. Адуляр — прозрачный, полупрозрачный, бесцветный ортоклаз. Назв. по месту находки в горном массиве Адул, Альпы. Иризирующие в голубовато-белых тонах адуляр и ортоклаз относятся к лунным камням. Прозрачные желтые железистые ортоклазы (ферриортоклазы), иризирующие в желтых и красных тонах относятся к солнечным камням (гелиолитам). Наблюдаются эффекты кошачьего глаза и астеризма (четырёхлучевая звезда). В УФ-лучах тускло-голубая (365 нм), оранжевая (254 нм), в рентгеновских лучах белая, фиолетовая люминесценция. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым или шелковистым отливом. Оптически двуосный, отрицательный. $2V = 44-83^\circ$ (ортоклаз), $17-35^\circ$ (железистый

ортоклаз), $57-68^\circ$ (адуляр). Показатели преломления: $n_g = 1,525-1,537$, $n_m = 1,524-1,533$, $n_p = 1,520-1,528$; $n_g - n_p = 0,004-0,010$. Дисперсия 0,012. Тв. 6—6,5. Сп. совершенная по {001} и {010} под углом 90° . Излом неровный. Пл. $2,55-2,63$ г/см³.

Нахождение — кислые изверженные и метаморфические горные породы, пегматиты (кварц, слюды, плагиоклазы, сфен, циркон, магнетит, гранаты, шпинель) альпийские жилы. Местор.: СССР (Урал, Слюдянка), Норвегия, Швеция, Мадагаскар, Шри-Ланка, США.

Микроклин. Назв. от греч. «маленький» и «угол» из-за небольшого отклонения угла между плоскостями спайности от 90° . Трикл. с Кл. симм. пинакоидальный. Пр. гр. $P1$. $Z = 4$. $a_0 = 0,85$ нм, $b_0 = 1,298$ нм, $c_0 = 0,722$ нм, $\alpha = 90,6^\circ$, $\beta = 116,0^\circ$, $\gamma = 87,5^\circ$. Кристаллы короткопризматические, таблитчатые. Простые формы: {001}, {010}, {110}, {101}. Зернистые агрегаты. Двойники — комбинация альбитового и периклинового законов.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет белый, серый, желтый, розовый, зеленый. Амазонит — разнов. микроклина зеленого, голубовато-зеленого цвета с белыми пертитовыми вростками альбита, придающими ему шелковистый отлив. Назв. от р. Амазонки, где, как предполагается, он был впервые найден. Зеленую окраску амазонита связывают с примесями Rb или Pb, не исключается также роль ионов Fe. Л. абс. (нм): 360, 630, 720. Непрозрачный микроклин светло-розового, розовато-красного цвета с иризацией в желтовато-красных тонах называют солнечным камнем (син.: авантюриновый полевой шпат). В УФ-лучах желто-зеленый (365 нм), инертен (254 нм), в рентгеновских лучах — зеленый. Бл. стеклянный, с шелковистым или перламутровым отливом на плоскостях спайности. Двуосный. $2V = -68-86^\circ$, $n_g = 1,521-1,539$, $n_m = 1,518-1,533$, $n_p = 1,514-1,529$, $n_g - n_p = 0,007-0,010$. Дисперсия 0,012. Тв. 6—6,5. Сп. совершенная по {001} и {010} под углом 89° . Излом неровный. Пл. $2,54-2,63$ г/см³.

Нахождение — пегматиты редкоземельные, редкометалльные, микроклин (кварц, биотит, плагиоклазы, мусковит, рубеллит, морион, топаз и др.). Местор.: СССР (Урал, Кольский п-ов), США, Канада, Мадагаскар, Зимбабве, Бразилия, Мозамбик.

Широко используются в ювелирном деле лунные камни — альбит-олигоклаз (перистерит), санидин, адуляр, ортоклаз прозрачные и полупрозрачные, бесцветные, бледно-желтые, бледно-розовые, обладающие иризацией в голубовато-серых и голубоватых тонах. Иризация в калишпатах связана с наличием микро- и криптопертитовых вростков альбита. Встречаются лунные камни с эффектом кошачьего глаза и астеризма (четырёхлучевая звезда). Местор.: США (штаты Нью-Мексико, Виргиния), Шри-Ланка (Амбалангода, Думбара, Канди), Бирма, Танзания. Широко применяются и солнечные камни — ортоклаз, микроклин, санидин, олигоклаз, альбит прозрачные, непрозрач-

ные, белые, желтого, розового цвета, обладающие иризацией в желтых, оранжевых, красных тонах. Иризация связана с микро-включениями пластинок гематита и гетита. Местор.: СССР (Слюдянка, Урал), Мадагаскар (Итронги), Норвегия (Бьердаммен, Хавредал и др.), США, Канада, Индия. Амазонит широко используется с древних времен как декоративно-поделочный и ювелирный материал для изготовления украшений (бус, брошей), шкатулок, ваз и других изделий. Лунные камни, солнечные камни обрабатываются кабошонами; прозрачный желтый, коричневый ортоклаз ограняется (круглая огранка). Калиевые полевые шпаты диагностируют по цвету, иризации, тв., пл., оптическим свойствам. От плагиоклазов отличаются меньшими n .

ДАНБУРИТ. $\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Назв. по месту находки — Данбури (шт. Коннектикут, США). Впервые описан Шепардом (Shepard) в 1939 г. Ромб. с. Пр. гр. $Pbnm$. $Z = 4$. $a_0 = 0,877$ нм, $b_0 = 0,803$ нм, $c_0 = 0,744$ нм. Стр. каркасная. Призматические кристаллы. Наиболее распространенные простые формы: $\{001\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$ и др.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый желтый, розовый, коричневый. Л. абс. (нм): 590, 586, 584, 583, 582, 580, 578, 576, 571, 568, 566, 564. В УФ-лучах небесно-голубой, ярко-голубовато-зеленый (365 нм). Термолуминесцирует и фосфоресцирует красным. Бл. стеклянный до жирного. Двуосный, отрицательный в красной—зеленой области, $2V = 88^\circ$, положительный в более коротких длинах волн (голубой—фиолетовый). $n_g = 1,636—1,651$, $n_m = 1,633—1,648$, $n_p = 1,630—1,646$, $n_g - n_p = 0,006$. Дисперсия 0,017. Тв. 7. Сп. несовершенная по $\{001\}$. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,95—3,03 г/см³.

Нахождение — граниты, пегматиты, скарны (волластонит, датолит, геденбергит), гипсо-ангидритовые толщи. Местор.: США (шт. Коннектикут), Мексика, Бирма, Япония, Мадагаскар, СССР (Приморье, Памир). Использование в ювелирном деле ограничено, при обработке применяется фасетная огранка. Сходен со многими минералами, особенно цитроном (у последнего ниже n , отсутствует люминесценция), топазом (выше тв., и пл.).

ДАТОЛИТ $\text{Ca}(\text{OH})\text{BSiO}_4$. Назв. от греч. «разделять» из-за зернистого характера агрегатов. Впервые описан Е. С. Марком в 1806 г. Примеси: Y, Be. Мон. с. Пр. гр. $P2_1/a$. $Z = 4$. $a_0 = 0,966$ нм, $b_0 = 0,77$ нм, $c_0 = 0,483$ нм. $\beta = 90,2^\circ$. Стр. островная. Призматические кристаллы. Наиболее распространенные формы $\{001\}$, $\{110\}$, $\{111\}$, $\{100\}$, $\{011\}$. Зернистые, массивные агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный, белый, желтый, зеленый, розовый, фиолетовый, красный, оранжево-коричневый. В УФ-лучах (253 нм) голубой (окраска вызвана примесью Eu), в рентгеновских лучах — желтоватый или розовато-белый. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = -72—75^\circ$, $n_g = 1,666—1,670$, $n_m =$

= 1,649—1,658, $n_p = 1,621—1,626$, $n_g - n_p = 0,044—0,047$. Дисперсия 0,016. Тв. 5,5—5. Хрупкий. Сп. не наблюдается. Излом неровный, раковистый. Пл. 2,80—3,00 г/см³.

Нахождение — рудные жилы, контактово-метасоматические образования, основные изверженные породы (кальцит, сфалерит, галенит, магнетит, пренит, цеолиты и др.). Местор.: Австрия (Триоль, Хабахталь), США (штаты Массачусетс, Нью-Джерси), Великобритания (Корнуэлл), Исландия. Использование в ювелирном деле ограничено. Прозрачные камни гранят, из полупрозрачных массивных разностей изготавливают кабошоны. Коллекц. минерал.

АКСИНИТ. $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2(\text{OH})[\text{VO}_3]\text{Si}_4\text{O}_{12}$. Назв. от греч. «топор» в соответствии с характерной формой кристаллов. Член изоморфного ряда, состоящего из минералов: аксинит (примеси: Mn, Mg) — манганаксинит $\text{CaMn}_2\text{Al}_2(\text{OH})[\text{VO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ (синь: севергенит)—магнезиоаксинит $\text{Ca}_2\text{MgAl}_2(\text{OH})[\text{VO}_3]\text{Si}_4\text{O}_{12}$. Трикл. с. Кл. симм. моноклинический (педиальный). Пр. гр. *P1*. Стр. островная (кольцевая). $Z = 2$. $a_0 = 0,715$ нм, $b_0 = 0,916$ нм, $c_0 = 0,896$ нм. $\alpha = 88,1^\circ$, $\beta = 81,6^\circ$, $\gamma = 77,7^\circ$ (аксинит). Кристаллы таблитчатые, клиновидные. Простые формы: $\{110\}$, $\{010\}$, $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{100\}$. Друзы кристаллов, плотные зернистые агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бл. стеклянный. Бесцветный, желтый, фиолетовый, лиловый, фиолетово-коричневый, синий (манганаксинит), белый, зеленовато-серый, коричневый. Л. абс. (нм): 415, 444, 466, 492, 512, 532. В УФ-лучах инертен или красный, тускло-красный (253 нм). Двуосный, $2V = -63—83^\circ$ (магнезиоаксинит — положительный); аксинит: $n_g = 1,684—1,687$, $n_m = 1,681—1,683$, $n_p = 1,674—1,677$; манганаксинит: $n_g = 1,704$, $n_m = 1,701$, $n_p = 1,693$; магнезиоаксинит: $n_g = 1,668$, $n_m = 1,660$, $n_p = 1,656$, $n_g - n_p = 0,010—0,012$. Дисперсия большая. Плеохр. интенсивный: аксинит — N_g — коричневый, коричнево-красный, N_m — фиолетово-синий, коричневый, N_p — оливково-зеленый, желтый, бесцветный; магнезиоаксинит: N_g — голубой, N_m — бледно-фиолетовый, N_p — светло-серый. Тв. 6,5—7, характерна анизотропия твердости. Хрупкий. Сп. средняя или совершенная по $\{100\}$, несовершенная по $\{001\}$ и $\{110\}$. Излом неровный, раковистый. Пл. 3,18—3,36 г/см³.

Нахождение — контактово-метаморфические образования, скарны, роговики, жилы альпийского типа (кварц, полевые шпаты, хлорит, эпидот, кальцит, магнетит, сульфиды и др.). Местор.: США (штаты Пенсильвания, Нью-Джерси), СССР (Урал, Средняя Азия, Казахстан, Памир, Кольский п-ов), ГДР, Великобритания, Норвегия, Финляндия, Япония, Танзания, Швейцария, Франция.

В ювелирном деле используется ограничено в виде ограненных камней. Диагностируют по оптическим свойствам и интенсивному плеохроизму.

СКАПОЛИТ. Группа минералов с широко развитыми изоморфными замещениями, в которую входят: мариалит $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]\text{Cl}$, мейонит $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8](\text{CO}_3)$ и сарколит $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8(\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl})$. Назв. из-за формы кристаллов от греч. «столбчатый камень». Мариалит впервые описан в 1866 г. (Roth), мейонит — в 1901 г. (Р. Ж. Гаюи), сарколит — в 1807 г. Назв.: мариалит — в честь Марии-Розы, жены нем. минералога Г. Рата (1830—1888); мейонит от греч. «меньше» из-за более мелких граней пирамиды на кристаллах по сравнению с кристаллами везувиана, вместе с которым он впервые был найден на Везувии; сарколит от греч. «мясо» — из-за мясо-красного цвета. Тетр. с. Кл. симм. тетрагонально-дипирамидальный. Пр. гр. $14/m$. $Z = 2$. Параметры решетки: мариалит — $a_0 = 1,207$ нм, $c_0 = 0,752$ нм; мейонит — $a_0 = 1,213$ нм, $c_0 = 0,769$ нм; сарколит — $a_0 = 1,234$ нм, $c_0 = 1,546$ нм. Стр. кар-касная.

Удлиненно-призматические столбчатые кристаллы, иногда очень больших размеров, до 0,5 м в длину. Прозрачные кристаллы обычно небольшие, с максимальной массой 60—70 кар. Агрегаты массивные, зернистые, столбчатые.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, голубой, синий (главколит или глауколит), фиолетовый, розовый, желтый, зеленовато-желтый (строгановит), оранжевый, красный, оранжево-красный, коричневый. Окраска связана с радикалами: желтая — CO_2 , голубая и синяя — SO_3 . В образовании центров, ответственных за розовую и фиолетовую окраску, принимает участие Сг, в их оптических спектрах наблюдаются л. абс. 663 и 652 нм. Встречаются бледно-розовые, темно-синие и фиолетовые скаполиты с эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах желтый или розовый (365 нм), иногда фосфоресцирует, розовый или сиреневый (254 нм), в рентгеновских лучах оранжевый. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Оптически одноосный. Мариалит и сарколит отрицательные, мейонит — положительный. Показатели преломления: мариалит — $n_o = 1,539—1,550$, $n_e = 1,536—1,541$, $n_o - n_e = 0,003—0,009$; мейонит — $n_o = 1,590—1,600$, $n_e = 1,556—1,563$, $n_o - n_e = 0,024—0,037$; сарколит — $n_o = 1,657$, $n_e = 1,640$, $n_o - n_e = 0,017$. Дисперсия 0,017. Наблюдается дихроизм в камнях различного цвета: фиолетово-синий — синий, розово-сиреневый — голубой, бесцветный — желтый, бледно-желтый — желтый. Тв. 6. Хрупкий. Сп. совершенная по {100} и не совершенная по {110}. Излом неровный. Пл. ($\text{г}/\text{см}^3$): мариалит — 2,50—2,62, мейонит — 2,78; сарколит — 2,92.

Нахождение — контактово-метасоматические и метаморфические образования, богатые кальцием, щелочные горные породы (полевые шпаты, пироксены, гранаты, амфиболы, магнетит, эпидот, нефелин). Местор.: ювелирный скаполит известен в Бирме (желтый, розовый, фиолетовый, бесцветный, голубой и синий с эффектом кошачьего глаза), Бразилия (Эспириту-Сан-

ту — бледно-желтый), Канаде (провинции Квебек, Онтарио — желтый), на Мадагаскаре (желтый), в Кении, Танзании (золотисто-желтый, розовый, фиолетовый), СССР (Памир — бесцветный, желтый, оранжевый, фиолетовый).

Используется как ювелирный камень. Применяется бриллиантовая или ступенчатая огранка, камни с эффектом кошачьего глаза обрабатываются кабошонами. Коллекц. минерал. Диагностируют по оптическим свойствам.

ТОМСОНИТ $\text{NaCa}_2[\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}]6\text{H}_2\text{O}$. Назв. в честь шотландского химика Т. Томсона (1773—1852). Впервые описан в 1820 г. Син.: комптонит, эшеллит. Примесь К до 60 %. Минерал из группы цеолитов. Ромб. с. Кл. симм. ромбопирамидальный (псевдотетрагональный). Пр. гр. *Pnma*. $Z = 4$. $a_0 = 1,307$ нм, $b_0 = 1,309$ нм, $c_0 = 1,266$ нм. Стр. каркасная. Кристаллы призматические, псевдотетрагонально-столбчатые. Простые формы: $\{110\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, $\{012\}$, $\{101\}$. Агрегаты радиально-лучистые.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый, а также красный, розовый, желтый, зеленый светлых тонов. Полупрозрачная разновид. — линтонит. Встречаются разновидности с эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах пятнистый белый и коричневый (365 нм). Бл. стеклянный, у волокнистых масс с шелковистым отливом. Двуосный, $2V = +42-75^\circ$. $n_g = 1,516-1,545$, $n_m = 1,509-1,533$, $n_p = 1,497-1,530$. Тв. 5—5,5. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{010\}$. Излом неровный. Пл. 2,25—2,46 г/см³.

Нахождение — в пустотах эффузивных горных пород. Местор.: СССР (Урал), США (штаты Орегон, Калифорния и др.), Канада, Гренландия, Ирландия, Индия, ЧССР. Используется в ювелирном деле ограниченно. Обрабатывается кабошонами. Диагностируют по оптическим свойствам.

Бораты

СИНХАЛИТ $\text{MgAl}[\text{BO}_4]$. Назв. по месту находки — Синхала, древнесанскр. назв. Шри-Ланки. Впервые описан в 1952 г. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. *Pbmn*. $Z = 4$. $a_0 = 0,567$ нм, $b_0 = 0,433$ нм, $c_0 = 0,988$ нм. Стр. островная. Агрегаты зернистые, волокнистые, окатанная галька.

Прозрачный. Цвет коричневый, желтовато-коричневый, зеленовато-коричневый, коричневатый-розовый, розовый, светло-желтый, белый. Л. абс. (нм): 493, 475, 463, 452. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = -55-56^\circ$. $n_g = 1,705-1,712$, $n_m = 1,692-1,697$, $n_p = 1,655-1,667$, $n_g - n_p = 0,013-0,015$. Плеохр.: N_g — коричневый, N_m — зеленовато-коричневый, N_p — светло-коричневый. Тв. 5,5—7. Пл. 3,475—3,500 г/см³.

Нахождение — скарны, россыпи. Местор.: Шри-Ланка, Бирма, Танзания. Использование в ювелирном деле ограниченно. Коллекц. минерал. Диагностируют по физическим свойствам.

ЕРЕМЕЕВИТ $Al[VO_3]$. Открыт русским минералогом П.В. Еремеевым (1830—1899), в честь которого в 1883 г. и дано ему название. Примесь Fe. Гекс. с. Кл. симм. гексагонально-бипирамидальный. Пр. гр. $R\bar{6}_3/m$. $Z = 12$. $a_0 = 0,856$ нм, $c_0 = 0,818$ нм. Призматические кристаллы.

Прозрачный. Цвет темно-синий, светло-васильковый, бесцветный, бледно-коричневый. Бл. стеклянный. Двусный, отрицательный. $n_o = 1,647-1,653$, $n_e = 1,638-1,641$. $n_o - n_e = 0,008-0,013$. Тв. 6,5. Пл. 3,28—3,3 г/см³.

Нахождение — пегматиты и скарвы. Местор.: СССР (Забайкалье), Намибия. Использование в ювелирном деле весьма ограниченное. Коллекц. минерал.

Карбонаты

РОДОХРОЗИТ $Mn[CO_3]$. Назв. от греч. «роза» и «цвет» в соответствии с окраской. Известен издавна. Описан впервые в 1813 г. Син.: марганцевый шпат. Примеси: Zn, Ca, Fe, Mg. Триг. с. Кл. симм. дитригонально-скаленоэдрический. Пр. гр. $R\bar{3}c$. $a_0 = 0,478$ нм, $c_0 = 1,537$ нм. Стр. островная.

Хорошо образованные кристаллы ромбоэдрической формы редки. Обычно встречается в виде почко- и шаровидных агрегатов с радиально-лучистым строением, сплошных мелко- и грубозернистых или шестоватых масс, сталактитов.

Прозрачный (редко), полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет розовый, обусловлен Mn^{2+} . Цвет черты белый. Л. абс. (нм): 410, 551, 535, 565. В УФ-лучах розовый (365 нм) или красный до фиолетового (254 нм). Бл. стеклянный, иногда с перламутровым отливом. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,786-1,840$, $n_e = 1,578-1,695$. $n_o - n_e = 0,201-0,220$. Иногда наблюдается дихроизм в розово-красных тонах. Тв. 3,5—4. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{10\bar{1}1\}$. Пл. 3,4—3,7 г/см³.

Нахождение — гидротермальные жилы и осадочные породы (кварц, барит, пирит, галенит, сульфиды, хлорит, пиролюзит, псиломелан). Местор. Ювелирный родохрозит известен в Аргентине (Сан-Луис, под названием «роза инков» и др.), Мексике, США (штаты Колорадо, Монтана), СРР, ВНР, ГДР, Индия, СССР (Забайкалье, Закавказье, Урал). В ювелирном деле применяется в основном в виде кабашонов, реже ограненный. Сходен с родонитом, отличается низкой тв., реакцией с HCl (выделяется CO_2). Коллекц. минерал.

СМИТСОНИТ $Zn[CO_3]$. Назв. в честь англ. минералога Дж. Смитсона (1765—1829). Впервые описан в 1823 г. Син.: цинковый шпат. Примеси: Ca, Mg, Mn, Fe, Co, Pb, Cd и др. Триг. с. Кл. симм. дитригонально-скаленоэдрический. Пр. гр. $\bar{3}m$. $Z = 6$. $a_0 = 0,465$ нм, $c_0 = 1,503$ нм.

Кристаллы ромбоэдрического, скаленоэдрического облика. Наиболее распространенные простые формы: $\{10\bar{1}1\}$, $\{40\bar{4}1\}$,

{2 $\bar{1}$ 31}, {0001}, {01 $\bar{1}$ 2}, {02 $\bar{2}$ 1}, {11 $\bar{2}$ 0}. Агрегаты скрытокристаллические, зернистые, лучистые, натечные формы, корки.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный (редко), различные оттенки желтого, желтовато-коричневый, бледно-зеленый, желтовато-зеленый, голубовато-зеленый, розовый разных оттенков, пурпурный, белый, серый. Розовые оттенки обусловлены примесью Со, желтые примесью —Сd. В УФ-лучах голубовато-белый, красный, розовый, коричневый (254 нм), зеленовато-желтый, бледно-фиолетовый (365 нм). Бл. стеклянный, с перламутровым отливом. Одноосный, отрицательный, $n_o = 1,848-1,849$, $n_e = 1,621$, $n_o - n_e = 0,227$. Дисперсия 0,037. Тв. 4—5. Хрупкий. Сп. совершенная, ясная по {10 $\bar{1}$ 1}. Излом раковистый, неровный. Пл. 4,30—4,45 г/см³.

Нахождение — зоны окисления свинцово-цинковых местор., залегающих в известняках (кальцит, доломит, сфалерит, галенит, малахит, азурит, церуссит, лимонит, опал). Местор.: СССР (Урал, Средняя Азия), Намибия (Тсумеб), Австрия, Бельгия, США (штаты Колорадо, Монтана и др.), Франция, Испания, Алжир, Тунис, Греция, Италия, Мексика, Замбия, Австралия.

Использование в ювелирном деле ограничено. Прозрачные камни из африканских месторождений обрабатываются различными видами огранки, массивные разности — в виде кабошонов. Коллекц. минерал. Диагностируют по реакции с горячей HCl (выделяется CO₂).

ЦЕРУССИТ Pb[CO₃]. Назв. от лат. «белила». Описан в 1845 г. Син.: белая свинцовая руда. Механические примеси: распыленные PbS и Ag₂S, Zn[CO₃]. Ромб. с. Кл. симм, ромбодипирамидальный. Пр. гр. *Pm*сн. $Z = 4$. $a_0 = 0,518$ нм, $b_0 = 0,849$ нм, $c_0 = 0,513$ нм. Стр. островная. Кристаллы пластинчатые, дипирамидальные. Простые формы: {111}, {021}, {001}, {010}. Двойники, в том числе звездчатые, тройники. Сплошные зернистые массы, натечные, скрытокристаллические, волокнистые агрегаты.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Бесцветный, белый, серый, желтый, дымчато-коричневый (от медьсодержащих включений), иногда черный благодаря микроскопическим включениям галенита и аргентита. Встречаются разности, обладающие эффектом кошачьего глаза. В УФ-лучах розовато-оранжевый, желтый (365 нм), бледно-голубой (253 нм). В катодных лучах яркий зеленовато-голубой. Бл. алмазный до металловидного, жирный, стеклянный (зависит от ориентировки). Двуосный, $2V = -8-20^\circ$, $n_g = 2,078-2,079$, $n_m = 2,076$, $n_p = 1,804$, $n_g - n_p = 0,274-0,275$. Дисперсия 0,055. Тв. 3—3,5. Весьма хрупок. Сп. ясная по {110}, {021}. Излом раковистый. Пл. 6,4—6,6 г/см³.

Нахождение — зоны окисления свинцово-цинковых местор. (англезит, малахит, лимонит). Местор.: СССР (Казахстан, Забайкалье, Алтай, Закарпатье), ГДР, ФРГ, США (штаты Ари-

зона, Колорадо, Юта и др.), Замбия, Тасмания, Австралия, Сардиния, Великобритания и др.

Бесцветный церуссит применяется как имитация бриллианта, благодаря сильному алмазному блеску и высокой дисперсии. При обработке придается бриллиантовая огранка. Обработка весьма сложна из-за высокой хрупкости. Диагностируют по сильному алмазному блеску, высокой пл., низкой тв., реакции с HNO_3 (растворяется с выделением CO_2).

МАЛАХИТ $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$. Назв. от греч. «мальва», так как его цвет напоминает окраску листьев этого растения, или «малакос», что обозначает мягкий. Примеси: Ca, Fe, Si, Ni, Co. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/a$. $Z=4$. $a_0=0,948-0,950$ нм, $b_0=1,197-1,203$ нм, $c_0=0,321-0,324$ нм, $\beta=98^\circ$. Стр. островная.

Кристаллы редки — призматические, игольчатые, до волоконистых. Простые формы: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$. Кристаллы часто образуют двойниковые сростки по (100) . Агрегаты натечные, почковидные, с чередованием различных по яркости зон, изменяющихся от ярко-зеленых до почти бесцветных, носящих название «стеклянная голова», а также лучисто-жилковатые, радиально-лучистые.

Непрозрачен, в тонких сколах просвечивает. Цвет ярко-зеленый, черно-зеленый, до почти белого, изумрудно-зеленый, голубовато-зеленый, зелено-серый. Черта бледно-зеленая. Окраска обусловлена Cu^{2+} , л. абс. с максимумами: в УФ-области при 333 нм, в видимой — при 530—769 нм. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный до алмазного, массивные разности имеют шелковистый отлив. Двуосный, $2V=-43^\circ$, $n_g=1,909$, $n_m=1,875$, $n_p=1,65-1,685$, $n_g-n_p=0,224-0,254$. Дисперсия большая. Плеохр.: N_p — почти бесцветный, N_m — желтовато-зеленый, N_g — густо-зеленый. Тв. 3,5—4,4. Хрупкий. Сп. совершенная по $\{201\}$; средняя по $\{001\}$, несовершенная по $\{010\}$. Излом раковистый. Пл. 3,9—4,1 г/см³.

Нахождение — гипергенный (лимонит, азурит). Местор.: СССР (Высокогорское, Гумелевское, Коровинско-Решетниковское, Медноруднянское, Чокпак), Намибия, Заир, Зимбабве, США (шт. Аризона), Австралия, ГДР, Франция, Великобритания и др.

Используется в ювелирном деле широко. По рисунку различают: бархатный, плейчатый (мелкие складки), струйчатый (в виде струй), плисовый. Обрабатывается для украшений в виде кабашонов, бусин. Используется как поделочный (шка тулки, вазы) и как облицовочный материал. Синтезируется. Диагностируют по характерному цвету, «рисунку», низкой тв., реакции с HCl (растворяется с выделением CO_2).

АЗУРИТ $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$. Назв. по цвету от перс. «синий». Впервые описан в 1824 г. Син. медная лазурь, шессилит. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/c$. $Z=2$. $a_0=0,501$ нм, $b_0=0,585$ нм, $c_0=1,035$ нм, $\beta=92,4^\circ$. Стр. островная. Кри-

сталлы пластинчатые, призматические. Простые формы: {100}, {110}, {001}. Друзы, плотные зернистые массы, радиально-лучистые агрегаты, землистые массы (медная синь). Агрегат азурита и малахита — азурмалахит, агрегат азурита и куприта — бенит.

Просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет лазурно-синий, зеленовато-фиолетовый, в землистых массах — голубой, обусловлен наличием ионов Cu . Л. абс. (нм): 881, 524, 435 (густо-фиолетовый). В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двусосный, $2V = +67-68^\circ$. $n_g = 1,836-1,838$, $n_m = 1,758$, $n_p = 1,730$, $n_g - n_p = 0,108-0,110$. Плеохр. сильный в синих тонах. Тв. 3,5—4. Хрупкий. Сп. совершенная по {001}, средняя по {021}. Излом раковистый. Пл. 3,7—3,9 г/см³.

Нахождение — зоны выветривания сульфидных местор. (малахит, лимонит, халькопирит). Местор.: Франция (Шесси), США (штаты Аризона, Нью-Мексико), Заир (азурмалахит), Чили, Намибия, Греция, Австралия, Италия, СССР, ГДР.

Используется как ювелирный и поделочный камень ограниченно. Обрабатывается в форме кабашонов. Друзы применяются как коллекц. материал. Для изготовления декоративно-художественных изделий широко используется азурмалахит [13]. Легко определяется по характерному синему цвету, ассоциации с малахитом и др. кислородными соединениями меди, реакции с HCl (выделяется CO_2).

Сульфаты

ЦЕЛЕСТИН $\text{Sr}[\text{SO}_4]$. Назв. по цвету от лат. «небесный». Описан в 1797 г. А. Вернером. Примеси: Ca , Ba . Ромб. с Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pmna$. $Z = 4$. $a_0 = 0,836$ нм, $b_0 = 0,535$ нм, $c_0 = 0,680$ нм. Стр. островная. Кристаллы таблитчатые, столбчатые, призматические. Простые формы {110}, {010}, {011} и др. Агрегаты зернистые, шестоватые, натечной формы, друзы.

Прозрачный, полупрозрачный. Бесцветный, белый с красноватым, желтоватым, оранжевым оттенками, голубой (вызван электронным центром SO_3^-), зеленый. Л. абс. 600 нм. В УФ-лучах голубой (254 нм), голубой, тускло-желтый (365 нм), фосфоресцирует голубовато-белым. Бл. стеклянный с перламутровым и шелковистым отливом на плоскостях сп. Двусосный, $2V = +50-51^\circ$, $n_g = 1,631-1,635$, $n_m = 1,624$, $n_p = 1,622-1,625$, $n_g - n_p = 0,009-0,012$. Дисперсия 0,014. Плеохр. слабый в голубовато-синих, голубовато-зеленых, фиолетовых оттенках. Тв. 3—3,5. Хрупкий. Сп. совершенная по {001}, средняя по {210}, несовершенная по {010}. Излом неровный. Пл. 3,9—4,0 г/см³.

Нахождение — осадочные и гидротермальные образования (гипс, ангидрит, доломит, галенит, сфалерит). Местор.: СССР (Средняя Азия, Казахстан и др.), Мексика, США (штаты Коло-

радо, Калифорния), Египет, Тунис, Мадагаскар, Намибия и др. В ювелирном деле используется ограниченно. Диагностируют по низкой твердости, реакции на стронций.

Фосфаты, арсенаты

АПАТИТ $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$. Назв. от греч. [обманываю] из-за внешнего сходства с другими минералами. Впервые описан А. Вернером в 1786 г. Примеси: TR, Sr, S, As, Si, Mn и др. Гекс. с. Кл. симм. дипирамидальный. Пр. гр. $P6_3/m$. $Z=2$. $a_0=0,939$ нм, $c_0=0,689$ нм. Стр. островная. Кристаллы призматические, самые крупные ювелирного качества — 147 кар. (Кения).

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет желто-зеленый (спаржевый камень), синий, сине-зеленый (мороксит), голубой, голубовато-зеленый, фиолетовый, желтый, зеленый, коричневый, бесцветный, полихромный, с эффектом кошачьего глаза. Окраска связана: синяя — с Mn^{5+} , розовая, исчезающая при нагревании до 600°C и восстанавливающаяся при облучении, — с Sm^{2+} , зеленая и желтоватая — с Pb^{3+} , фиолетовая, желтая, зеленая, голубая — с электроннодырочными центрами. Л. абс. (нм): 464, 491, 507, 512, 525, 622, 631 (синий), 442, 469, 514, 521, 525, 527, 529, 533, 577, 574, 585, 597, 602, 605 (желто-зеленый). В УФ-лучах светятся: желтые — лилово-розовым, голубые — фиолетовым, небесно-голубым, зеленые — коричнево-зеленым, фиолетовые — зеленовато-желтым цветом. Бл. стеклянный. Тв. 5. Сп. несовершенная по $\{0001\}$. Излом раковистый. Пл. $3,10-3,35$ г/см³. Одноосный, отрицательный, $n_e=1,598-1,666$, $n_o=1,603-1,667$, у ювелирных разностей $n_e=1,628-1,642$, $n_o=1,632-1,649$, $n_o-n_e=0,002-0,004$. Дисперсия 0,013. Голубые и голубовато-зеленые апатиты обладают отчетливым дихроизмом, N_e — голубые, голубовато-зеленые, N_o — желтые. В апатитах других цветов дихроизм слабый.

Нахождение — пегматиты, гидротермальные и контактово-метаморфические образования. Местор.: апатиты ювелирного качества известны: синие — в Бирме, Бразилии, Шри-Ланке, Финляндии; сине-зеленые (морокситы) — в Норвегии; зеленые — в Индии, Канаде, Мозамбике, Бирме, Мадагаскаре; желтые — в Мексике, Канаде, Бразилии; коричневые — в Канаде; фиолетовые — в ГДР, ЧССР, США (штаты Мэн, Калифорния); бесцветные — в Бирме, Италии, ГДР; с эффектом кошачьего глаза — в Бирме, Шри-Ланке. В СССР ювелирные апатиты встречаются на Кольском п-ве (желтые, желто-зеленые), в Забайкалье (синие, с эффектом кошачьего глаза), на Памире (розовые), на Алдане (зеленые), в Казахстане (желтые, бесцветные).

В связи с невысокой твердостью используются как ювелирный и поделочный камень ограниченно. Прозрачные камни обрабатываются гранями, менее прозрачные и с эффектом кошачьего глаза обрабатываются кабошонами. Сходен с бериллом, турмали-

ном. Диагностируют по низкой тв., оптическим свойствам, л. абс.

ЛАЗУЛИТ $Mg_2Al_2(OH)_2[PO_4]$. Крайний член изоморфного ряда минералов: лазулит — скорцалит — барбосалит $FeFe_2(OH)_2[PO_4]$. Назв. лазулит от перс. «синий», скорцалит — в честь браз. минералога Э. П. Скорцы (р. 1899), барбосалит — в честь браз. геолога А. Л. Барбосы. Открыты: лазулит в 1795 г., скорцалит в 1947 г., барбосалит в 1954 г. Коммерч. названия: суджилит, азель. Примеси: лазулит, скорцалит — Fe, Ca, Mn, барбосалит — Li, Mn. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/c$. $Z=2$. Параметры ячейки (нм): лазулит: $a_0=0,715$, $b_0=0,728$, $c_0=0,725$, $\beta=120,6^\circ$, скорцалит: $a_0=0,715$, $b_0=0,732$, $c_0=0,714$, $\beta=119^\circ$, барбосалит: $a_0=0,725$, $b_0=0,746$, $c_0=0,749$, $\beta=120,2^\circ$. Стр. островная. Кристаллы дипирамидальные, у барбосалита — таблитчатые. Простые формы: $\{111\}$, $\{101\}$. Агрегаты плотные, зернистые.

Полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет голубой, синий, темно-, лазурно-синий, барбосалит — зеленый. Синий цвет связан с Fe^{2+} . Л. абс. (нм): 833, 432, 409. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V=-69^\circ$ (лазулит), 62° (скорцалит), большой (барбосалит). Показатели преломления: лазулит $n_g=1,637-1,673$, $n_m=1,633-1,663$. $n_p=1,604-1,635$. $n_\sigma-n_\rho=0,031-0,038$; скорцалит $n_g=1,670-1,680$, $n_m=1,633-1,670$, $n_p=1,630-1,639$, $n_g-n_p=0,040$; барбосалит $n_g=1,835$ до $n_p=1,77$. Плеохр.: N_g — синий, N_m — голубой, N_p — бесцветный. Тв. 5—6. Сп. несовершенная по $\{110\}$ и $\{101\}$. Пл. (г/см³): лазулит — 3,08; скорцалит — 3,39; барбосалит — 3,60.

Нахождение — пегматиты, метаморфические породы (рутил, корунд, силлиманит, дюрмортерит, гранат, мусковит). Местор.: СССР (Прибайкалье, Восточная Сибирь), ЮАР (Калахари), Австрия (Зальцбург), Бразилия (Минас-Жерайс), Швеция, Индия, Ангола, Мадагаскар, США (штаты Нью-Гемпшир, Джорджия, Южная Дакота), Боливия. Используется в основном как поделочный, реже ювелирный камень. Полируется, обрабатывается кабошонами. При диагностике следует отличать от лазурита, дюрмортерита, иногда — бирюзы и одонтолита по физическим свойствам.

ГЕРДЕРИТ $CaBe(F,OH)[PO_4]$. Открыт в начале XIX в. Назв. в 1820 г. в честь директора шахты во Фрайберге С. Гердера. Мон. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/a$. $Z=4$. $a_0=0,979$ нм, $b_0=0,766$ нм, $c_0=0,480$ нм, $\beta=90,02^\circ$. Призматические кристаллы довольно мелких размеров, масса наиболее крупных — до 25—50 кар., самый крупный — 172 г.

Прозрачный. Бесцветный, сине-фиолетовый, светло-желтый, розовый, зеленый, коричневый, серый. В УФ-лучах иногда бледно-зеленый, зеленый гердерит из Бразилии — фиолетовый, в рентгеновских лучах — оранжевый, фосфоресцирует. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V=-67-75^\circ$. $n_g=1,619-1,627$, $n_m=1,609-1,616$, $n_p=1,587-1,604$, $n_g-n_p=0,023-0,031$. Дис-

персия 0,017. Плеохр. слабый. Тв. 5—5,5. Хрупкий. Пл. 2,95—3,02 г/см³.

Нахождение — гранитные пегматиты, россыпи. Места находок: ГДР, США, (штаты Нью-Гемпшир, Мэн), Бразилия (Минас-Жерайс), СССР. Использование в ювелирном деле ограниченное. Коллекц. минерал. Диагностируют по физическим свойствам.

БРАЗИЛИАНИТ $\text{NaAl}_3(\text{OH})_4[\text{PO}_4]_2$. Назв. по месту находки, впервые был найден в 1944 г. в Бразилии (Минас-Жерайс). Мөн. с. Кл. симм. призматический. Пр. гр. $P2_1/n$. $Z = 4$. $a_0 = 1,123$ нм, $b_0 = 1,024$ нм, $c_0 = 0,710$ нм, $\beta = 97,4^\circ$. Кристаллы изометричные, короткопризматические, копьевидные, размером до 12×8 см.

Прозрачный, полупрозрачный. Цвет желтый, желто-зеленый. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двуосный, $2V = +71-75^\circ$, $n_g = 1,621-1,623$, $n_m = 1,609$, $n_p = 1,602$, $n_g - n_p = 0,019-0,021$. Дисперсия 0,014. Плеохр. очень слабый. Тв. 5,5. Хрупкий. Сп. совершенная по пинакoidу. Излом раковистый. Пл. 2,98—3,00 г/см³.

Нахождение — пегматиты. Местор. Бразилия (Минас-Жерайс), США (шт. Нью-Гемпшир). Редкий ювелирный и коллекц. минерал. Ограничивается изумрудной и другими видами огранки. Диагностируют по физическим свойствам.

ПУРПУРИТ $\text{Mn}[\text{PO}_4]$. Назв. из-за пурпурного цвета. Впервые описан в 1905 г. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-бипирамидальный. Пр. гр. $Pm\bar{3}n$. $Z = 4$. $a_0 = 0,583$ нм, $b_0 = 0,907$ нм, $c_0 = 0,477$ нм. Кристаллы редки. Обычно выделения агрегатов неправильной формы, обломки.

Просвечивает в тонких сколах, непрозрачен. Цвет красный, пурпурно-красный, темно-розовый, темно-вишневый. Окраска со временем на дневном свете изменяется на красновато-коричневую или красновато-черную, связана с Mn^{3+} . Л. абс. (нм): 750, 530. Цвет черты пурпурно-красный. В УФ-лучах инертен. Бл. атласный, матовый, в полированном виде — до металловидного. Двуосный, $2V = +38^\circ$. $n_g = 1,92$, $n_m = 1,86$, $n_p = 1,85$, $n_g - n_p = 0,07$. Плеохр. отчетливый: красный, пурпурно-красный, серый, розовато-красный. Тв. 4—4,5. Хрупкий. Сп. ясная. Излом неровный. Пл. 3,30—3,69 г/см³.

Нахождение — гипергенный минерал гранитных пегматитов. Местор.: Намибия (Узакос) — основной поставщик ювелирного камня, СССР (Алтай, Тува), США (штаты Калифорния, Южная Дакота, Северная Каролина), Франция, Португалия, Австралия. Используется в ювелирном деле в виде кабошонов. Диагностируют по характерному цвету, физическим свойствам.

ВАРИСЦИТ $\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Назв. по месту находки в Фогтланде* (древнее назв. Барисция) в Центральной Европе. Впервые описан в 1873 г. Син.: австралийская бирюза, австралийский жад. Примеси: Cr, Fe^{3+} , V. Ромб. с. Кл. симм. ромбо-пирамидальный. Пр. гр. $Pcab$. $Z = 8$. $a_0 = 0,987$ нм, $b_0 = 0,957$ нм,

$c_0 = 0,852$ нм. Кристаллы редки, бипирамидальные. Обычно встречается в виде массивных плотных масс, натечных образований. Иногда в виде сростаний с кварцем и халцедоном. Такие агрегаты известны под названием аматрикс (американский аматрикс) или варисцит — кварц.

Просвечивает в тонких сколах, непрозрачный. Цвет зеленый, бледно-зеленый, голубовато-зеленый. Окраска связана с V^{3+} [30]. Л. абс. (нм): 688, 650. Цвет черты белый. В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двусный, отрицательный. $n_g = 1,570-1,594$, $n_m = 1,565-1,584$, $n_p = 1,550-1,563$, $n_g - n_p = 0,010-0,031$. Тв. 3,5—5. Хрупкий. Сп. совершенная по {010}. Излом неровный, раковистый. Пл. 2,20—2,61 г/см³.

Нахождение — гипергенный (вавелит и другие фосфаты алюминия). Местор.: Австралия (австралийский жад, австралийская бирюза), Испания, США (шт. Невада — аматрикс). Используется как ювелирный и поделочный камень, часто как имитация бирюзы. Полируется, обрабатывается кабошоном. От бирюзы отличается с трудом, обычно у него несколько ниже тв., отсутствует свечение в УФ-лучах, л. абс. 683 и 680 нм.

БИРЮЗА $CuAl_6[PO_4](OH)_8 \cdot 5H_2O$. Назв. от арабск. «фируза» (приносящая удачу). Син.: каллаит. Примеси: Fe^{2+} и Fe^{3+} , Sr, Ti, Cr, Ni, Co и др. Трикл. с. Кл. симм. пинакоидальный. Пр. гр. $P1$, $Z = 1$. $a_0 = 0,748$ нм, $b_0 = 0,995$ нм, $c_0 = 0,769$ нм, $\alpha = 111,6^\circ$, $\beta = 115,4^\circ$, $\gamma = 69,4^\circ$. Стр. островная. Кристаллы короткопризматические, чрезвычайно редки. Простые формы {001}, {010}, {110}. Агрегаты почковидной или неправильной формы, линзы, прожилки, корки, плотные скрытокристаллические массы.

Непрозрачная, просвечивает в тонких сколах. Бл. стеклянный, восковой, матовый. Цвет ярко-голубой, небесно-голубой, бледно-голубой, зеленовато-голубой, голубовато-зеленый. Окраска обусловлена ионами Cu^{2+} , примесь железа вызывает зеленые и буроватые оттенки. Л. абс. (нм): 420, 432, 460, 700—720. Бирюза с прожилками углистого вещества черного цвета называется сетчатой, паутинной [21]. В УФ-лучах ярко-голубая, зеленовато-желтая, иногда инертна (365 нм), в коротких волнах инертна. В катодных лучах имеет голубовато-белое свечение. Двусная, $2V + 40^\circ$, $n_g = 1,65$, $n_m = 1,62$, $n_p = 1,61$ ($n = 1,62$), $n_g - n_p = 0,40$. Дисперсия сильная. Плеохр. слабый: бесцветный, бледно-голубой, бледно-зеленый. Тв. 5—6, в лучших образцах — 6, в выветрелых до 3. Сп. в кристаллах совершенная по {001}, в массивных разностях не наблюдается. Излом раковистый, неровный. Пл. 2,7—2,9 г/см³, в измененных образцах до 2,5 г/см³.

Нахождение — гидротермально-метасоматические образования (алунит, галлуазит, каолинит, кварц, карбонаты, пирит, хризоколл, ярозит, гидроксиды Fe и др.) [21]. Местор.: СССР (Бирюзакан, Кальмакырское, Унгурликан, Техутское и др.), Иран (Нишапур), АРЕ (Вади-Магаре), США (штаты Колорадо,

Невада), КНР, Турция (Мазен), Австралия, Чили, Перу, Эфиопия, Мексика.

В ювелирном деле используется широко с древних времен для изготовления украшений (бусы, серьги, перстни, броши, браслеты и др.). Применяется для инкрустаций и резьбы по камню, обрабатывается в форме кабошона. Бирюза имеет большое количество имитаций: 1) природные непрозрачные, просвечивающие в тонких сколах минералы голубого, голубовато-зеленого цвета: хризоколла, халькосидерит, варисцит, гемиморфит, шаттукит, прозопит, хаулит, церулеит и др.; 2) одонтолит; 3) искусственные материалы: стекла, эмали, керамика, пластмасса и др. Некондиционная светлоокрашенная пористая бирюза облагораживается различными способами [1, 21], например пропитывается парафином, различными маслами или пластиком. В связи с тем, что бирюза иногда выцветает или становится грязно-зеленой, ее подкрашивают анилиновыми красителями и другими реактивами. В настоящее время в ювелирных изделиях используется и синтетическая бирюза.

Природная бирюза отличается от имитирующих ее минералов и других материалов по физическим свойствам (тв., пл., цвету, люминесценции, восковому блеску и др.). Под микроскопом структура поверхности природной бирюзы имеет весьма характерный вид: на светло-голубом фоне наблюдаются темно-синие диски или беловатые мелкие обломки и включения. В синтетической бирюзе при достаточно большом увеличении на более светлом фоне наблюдаются угловатые голубые частицы [1, 42]. Л. абс. 432 нм, характерная для природной бирюзы, отсутствует в спектрах поглощения синтетической бирюзы и имитаций. Тест горячей иглой может выявить облагороженную бирюзу: в месте прикосновения горячей иглы выплавляется парафин или камень обесцвечивается. Пластмассы и смолы от горячей иглы плавятся. Синтетическая бирюза отличается от природной текстурой (под микроскопом) и различным характером взаимодействия с разбавленной HCl. Поскольку бирюза характеризуется довольно широким интервалом физических свойств [21], ее идентифицируют комплексным исследованием с применением рентгеновских, спектральных (в ИК- и видимой областях) методов и электронной микроскопии (наблюдаются пластинчато-призматические микрокристаллы).

ЦЕРУЛЕИТ $\text{CuAl}_4(\text{OH})_8[\text{AsO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Назв. по цвету от лат. «небесно-голубой». Открыт в 1900 г. Трикл. с. $a_0 = 1,436$ нм, $b_c = 1,469$ нм, $c_0 = 0,744$ нм, $\alpha = 96,1^\circ$, $\beta = 93,2^\circ$, $\gamma = 91,6^\circ$. Плотные массивные агрегаты, конкреции диаметром до 100 мм (Боливия). Под электронным микроскопом состоят из кристалликов 5×2 мкм.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет небесно-голубой, связанный с Cu^{2+} . Бл. матовый, восковой. $n = 1,60$. Тв. 6,5. Пл. 2,7—2,8 г/см³.

Нахождение — гипергенный. Местор.: Южная Боливия, Чили, Великобритания. Используется в ювелирном деле недавно как имитация бирюзы, а в последние годы как самостоятельный ювелирный и поделочный камень. Обрабатывается в форме кабошонов, полируется. Очень похож на бирюзу, не растворим в воде, реагирует с HCl , HNO_3 , KNO_3 . Устойчив до 230°C , при 250°C переходит в голубовато-зеленоватый агрегат, при 290°C — в зеленое рентгеноаморфное вещество.

КАМНИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ЯНТАРЬ. Назв. от лит. «gentaros». Этим термином обозначают: 1) любые ископаемые смолы независимо от их происхождения, строения и свойств; 2) ископаемые смолы, встречающиеся в разных местор., но обладающие одинаковыми определенными технологическими свойствами; 3) янтарь балтийский — сукцинит.

Ископаемые смолы, известные под общим названием «янтарь» являются производными янтарьпроизводящей растительности (наиболее вероятные семейства: *Pinaceae*, *Taxodiaceae*, *Cupressaceae* и некоторые другие) преимущественно мел-эоценового, реже более молодого возраста. Для этих ископаемых смол известно большое число наименований, связанных с местами находок или именами первооткрывателей: айкаит, алмашит, амбрит, амброзин, ауосмит, беккерит, бирмит, валховит, геданит, глессит, делатинит, дуксит, инсолит, канзасит, кефлакит, кисцелит, копалит, кранцит, мукит, нейсдорфит, пиатра, ретинит, росторнит, румынит, седарит, симетит, сукцинит, стентинит, телегдит, тринкерит, уилерит, шейбент, шрауфит, яулингдит, зуосмит и др. [33, 37]. Состав ископаемых смол и их свойства зависят от вида янтарьпроизводящей растительности и генетического типа местор. В них входят: С, Н, О, с некоторым количеством S, которое полностью не растворяется ни в одном из растворителей (Н. А. Орлов, В. А. Успенский). Выделяются: 1) тугоплавкие, вязкие смолы, содержащие до 8% янтарной кислоты: сукцинит, бирмит, делатинит и др., как ювелирные и поделочные камни они применяются широко; 2) хрупкие ископаемые смолы буроугольных пластов: ретинит, геданит, чемавинит и др., как ювелирные и поделочные камни применяются ограниченно; 3) молодые ископаемые смолы, сравнительно мягкие и легкоплавкие: копалит, амбрит, применяются в основном как имитация янтаря-сукцинита.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких слоях. Бесцветный (камчатский шрауфит, киевский сукцинит), белый (сукцинит), светло-желтый (лондонский копалит, венгерский айкаит, моравский мукит и нейсдорфит, камчатский шрауфит, австрийский тринкерит, уссурийский, ливанский, канадский, вашингтонский ретинит, симетит, геданит, канадский седарит, делатинит), желтый (сукцинит, венгерский кисцелит, китайский, мукденский и мерлендский ретинит, кранцит, азер-

байджанский янтарь, американский уилерит), медово-желтый (австрийский копалит, югославский телегдит), восково-желтый (чехословацкий валховит), винно-желтый (румынский копалит, прикарпатский янтарь, бирмит), буро-желтый (баварский ауосмит), красновато-желтый (фессальский, хатангский ретинит), красновато-бурый (австрийский тринкерит и росторнит, американский кефлакит), бурый (ливанский ретинит), темно-бурый (американский кефлакит, богемский амбрит), оранжевый (уссурийский ретинит), оранжево-красный (чукотский и гренландский шрауфит), красноватый (сахалинский ретинит), красный (испанский, ливанский ретинит), гиацинтово-красный (итальянский тринкерит, галицийский и румынский шрауфит), гранатово-красный (австрийский амбрит, аппенинский симетит), темно-красный (австрийский шрауфит, румынит), кроваво-красный (чукотский уилерит), зеленоватый (венгерский кисцелит, кранцит), зеленовато-голубой (румынский пиатра), желто-черный (беккерит), черный (румынский альмашит) [37]. В УФ-лучах некоторые виды янтаря белые, голубые, желтые, зеленые. Бл. стеклянный, жирный, матовый. Изотропный. $n = 1,538—1,659$. Тв. 2—3. Сп. отсутствует. Излом раковистый, неровный. Пл. $0,97—1,12$ г/см³.

Нахождение — местор. первичного, эпигенезированного (вторичного), метаморфизованного янтаря. Основной промышленный тип — морские и прибрежно-морские россыпи. Местор.: СССР (Прибалтика, Украина, Азербайджан и др.), Доминиканская республика (Пало Квемадо и др.), Канада (Цедар-Лейк), США (Нью-Джерси), Бирма, ПНР, СРР, Япония (Кудзи) и др.

Используется очень широко как ювелирный и поделочный камень.

Янтарь балтийский $C_{10}H_{16}O$ (или $C_{40}H_{64}O_4$). Син.: сукцинит. Ископаемая смола мел-эоценового возраста — продукт жизнедеятельности деревьев *Pinus succinifera*. Примеси: N (0,1—0,5%), S (0,1—0,55%), CaO, SiO₂, Fe₂O₃ и др. Аморфный. Форма и текстура выделений: массивная, овальная, натечно-скорлуповатая, натечно-слоистая, трубчатая, линзовидная, серповидная. Размеры выделений от 1 мм до размера лимона или гусиного яйца и более [33].

Прозрачный (кляр), полупрозрачный (облачный), просвечивающий в тонких слоях или непрозрачный (бастард). Степень прозрачности зависит от наличия мельчайших пустот. Бесцветный, белый, мелоподобный (пенистый) и непрозрачный (костяной), желтый, золотисто- или медово-желтый, оранжевый, красновато-коричневый, голубой (окраска связана с наличием микроскопических пор). В УФ-лучах бледно-голубой, белый, желтоватый, зеленоватый. Бл. стеклянный, жирный, матовый. Изотропный. $n = 1,538—1,545$. (Иногда ведет себя в поляризованном свете при скрещенных николях как агрегат). Тв. 2—2,5. Вязкий. Сп. отсутствует. Излом неровный, черта от ножа порошковатая. Пл. $1,05—1,09$ г/см³.

Нахождение — лагунно-дельтовые россыпи. Местор.: Балтийско-Днепровская провинция (Дания, Швеция, ФРГ, ГДР, Польша, СССР — Калининградская область, Литва, Латвия, Белоруссия, Украина). Наиболее важные промышленные местор. Приморское (Пальмиженское) в Калининградской области и Клевское в УССР.

Используется в ювелирном деле издавна и широко.

Для облагораживания — увеличения прозрачности и получения более светлых оттенков янтаря — применяются термообработка в автоклавах при 270 °С и давлении $35 \cdot 10^8$ Па в среде азота с последующим постепенным охлаждением, кипячение в растительном масле. Для получения красноватого и других оттенков проваривали в меду или в растительном масле в присутствии органических красителей. Получают также «игристый» янтарь: как природный, так и прессованный янтарь может подвергаться термообработке с последующим охлаждением, при этом образуются небольшие веерообразные трещины, создающие дополнительное сверкание (игру) [16].

Диагностируют по низкой тв. и пл., изотропности, люминесценции в УФ-лучах, наличию включений насекомых и растительных остатков, способности электризоваться при трении, способности становиться пластичным при нагревании до 140—200 °С. Растворяется в бензоле. Как имитации янтаря-сукцинита используются различные другие современные смолы (копал, копалит, бирмит, симетит, румынит и др.), несколько отличающиеся по цвету, пл., люминесценции и другим физическим свойствам. Широко применяются различные синтетические имитации: бакелит (пл. 1,26—1,28 г/см³, $n = 1,64—1,66$, в УФ-лучах инертен), казеин (пл. 1,33 г/см³, $n = 1,55$, в УФ-лучах белый), целлулоид (пл. 1,38 г/см³, в УФ-лучах желтый), полистирол (пл. 1,05—1,23 г/см³, $n = 1,50$) и др. Имитации из стекла характеризуются более высокими значениями тв. (5), пл. (обычно выше 2 г/см³), раковистым изломом (обычно различие хорошо видно при царапании острием ножа), иным отношением к нагреванию и др.

Копал (копалит). Смола четвертичных хвойных деревьев каури (*Agathis australis*) в Австралии, Новой Зеландии и Океании, семейства бобовых (*Leguminosae*), цезальпиниевых (*Cesalpiniaceae*) и диптерокарповых (*Dipterocarpaceae*) в Западной, Центральной и Восточной Африке и Центральной и Южной Америке. Состав (%): С 85, Н 10—11, О 3—4. Янтарной кислоты не содержит. Относится к «недозрелым» ископаемым смолам. Аморфный. Прозрачный до непрозрачного. Цвет светло-, медово-, винно-желтый и др. Бл. стеклянный, жирный, матовый. Изотропный. $n = 1,53$. В УФ-лучах белый. Тв. 2—2,5. Пл. 1,06 г/см³.

Нахождение — относится к группе первичных янтарей (В. С. Трофимов) биогенно-осадочного происхождения. Используются в ювелирном деле лишь некоторые из копалов. От ян-

таря-сукцинита отличается способностью растворяться в эфире: если потереть по поверхности копала ваткой, смоченной в эфире, образуется пятно, в отличие от янтаря-сукцинита.

Бирмит. Ископаемая смола. Состав (%): С 80,05, Н 11,50, О 8,43, S 0,02, янтарная кислота до 2. Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет винно-, медово-желтый, огненно-, светло-, коричнево-, темно-красный, светло-коричневый. Тв. 2,5—3.

Нахождение — лагунно-дельтовые россыпи. Местор.: Бирма (долина р. Хуконг). Широко используется в ювелирном деле наряду с балтийским янтарем-сукцинитом. При диагностике имеют значение физические свойства и включения кальцита (по трещинам), листьев, остатков древесины, насекомых.

Янтарь прессованный. Син.: амброид. Продукт переработки при температуре выше 140—200°C (при которой без доступа воздуха янтарь становится пластичным) и повышенном давлении (обычно десятки мегапаскалей) янтарной муки, полученной при измельчении мелких кусочков янтаря с прибавлением красителей или без них. Метод применяется с 1881 г., имеется несколько модификаций.

Прозрачный, полупрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет желтый, красный, коричневый, черный и др. (зависит от наличия красителей). Пл., тв., хрупкость и n обычно аналогичны природному (n иногда повышается до 1,65). Прессованный янтарь наряду с природным применяется в ювелирных изделиях широко. Отличие природного янтаря от прессованного производится под микроскопом (или лупой). В прессованном янтаре можно наблюдать структуры течения — прямолинейные, кривые, спиралевидные (типа свилей), шарики плотной основной массы, небольшие сгустки красителя. Прессованный янтарь в отличие от природного размягчается под действием эфира: если поверхность прессованного янтаря смочить (под давлением) ваткой с эфиром, то она становится липкой (в отличие от природного янтаря) [50, 16].

ГАГАТ. Разнов. ископаемого бурого угля, образовавшаяся за счет углефикации хвойных деревьев семейства араукариевых (*Araucariaceae*) и сохранившая их структуру. Назв. от лат. наименования города и реки Гагае на п-ове Малая Азия. Син.: европейский гагат (гагат-уитби), кавказский гагат (гешир), черный янтарь. Как и в других ископаемых углях, органическая масса состоит из С (60—90%), Н, О, N, примеси: S, P, Ca, Mg, Al. Содержание летучих, особенно Н, выше, чем в других ископаемых углях. Прослой и линзы мощностью от 1 до 20 см в обыкновенных бурых углях и углистых глинистых сланцах.

Непрозрачный. Цвет черный, буровато-черный. В УФ-лучах инертен. Бл. матовый, на полированных поверхностях — смолистый. Изотропный. $n = 1,64—1,68$. Тв. 2,5—4. Вязкий. Излом раковистый. Пл. 1,3—1,4 г/см³.

Нахождение — связан с угленосными толщами преимущественно юрского возраста. Местор.: Великобритания (Уитби, Билсдейл, Грейт-Айтон, Окхем-Вуд, Розедейл), Испания (пров. Астурия), Франция (департ. Од), ФРГ (Вюртенберг), США (штаты Юта, Колорадо, Нью-Мексико), СССР (Бешуйское, Буртинское, Дзированское, Ткибульское, Гелатское, Зоринско-Быковское, Матаганское, Хакарейское).

Используется как ювелирный и поделочный камень с глубокой древности для бус, ожерелий, браслетов, брошей и др. Хорошо полируется. Отличается низкими тв. и пл., смолистым блеском, способностью электризоваться при трении. Горит, давая коптящее пламя.

ЖЕМЧУГ. Представляет собой сложно построенный органо-минеральный агрегат, состоящий из арагонита (82—86 в морском, 5—95 % — речном жемчуге), органического вещества (0,5—4 %). Примеси: Al, Ba, Fe, Si, Mg, Cu, Mo, Mn (содержание последнего колеблется в больших пределах в различных типах).

Форма жемчужин различная: правильная сферическая (круглый жемчуг), продолговатая яйцевидная (овальный жемчуг), полусферическая (пуговицы), каплевидная (грушевидная), неправильная (барокко). Причудливой формы крупные жемчужины носят название «парагон» или «монстр». По размеру выделяют крошечный (пылеватый), мелкий (до 2,5 мм), средний (2,5—6 мм), крупный (свыше 6 мм) жемчуг. Жемчужины диаметром более 7—8 мм высокого ювелирного качества встречаются редко. Однако известны находки жемчуга размером с голубиное яйцо и более.

Прикрепленный к раковине жемчуг называется блистер. В жемчужине имеются ядро, призматические и пластинчатые слои. В состав ядра входят обломки минералов (кварца, полевого шпата и др.), раковин, сгустки органического вещества и прочие посторонние частицы, явившиеся центром, вокруг которого происходило жемчугообразование. Ядро окружено органическим веществом. Встречаются безъядерные жемчужины. Призматические слои состоят из кристалликов арагонита призматической формы, вытянутых по радиусам от центра и отделенных друг от друга конхиолином. Пластинчатые слои состоят из тончайших мельчайших арагонитовых пластинок четырех-, пяти-, шестиугольной или неправильной формы, которые накладываются друг на друга подобно террасам и создают микрошероховатую поверхность. Пластинки склеены друг с другом органическим веществом [15]. Соотношение призматических и пластинчатых слоев может быть различным. Жемчужины ювелирного качества имеют оболочки, представленные пластинчатыми слоями.

Цвет жемчуга определяется прозрачностью (глубиной отражающего слоя), блеском (интенсивностью отраженного света), сверканием (отражением света в виде светящегося пятна), ха-

рактором подстилающего слоя, а также составом микропримесей. Жемчуг может обладать некоторой степенью прозрачности, что считается очень ценным. Наиболее сильный блеск с перламутровым отливом отмечается у жемчужин из заливов Персидского и Манаар, т. е. с Востока, отсюда название высокосортного жемчуга — «ориент» (восток) или «оригенталь». Блеск связан с преломлением и интерференцией света в пластинчатых слоях [50]. Цвет иногда белый, иногда с различными оттенками — розовыми, голубыми, золотистыми и др., желтый, кремовый, розовый, голубой, красный, черный, серый, коричневый. В УФ-лучах голубой, белый, зеленоватый, желтоватый, розовый (у красных).

n и двупреломление соответствуют арагониту $n = 1,53—1,69$, $n_g - n_p = 0,156$, могут колебаться (у черного жемчуга $1,53—1,69$). Тв. 2,5—4,5 (колебания связаны с соотношением органического и минерального вещества). Пл. 2,60—2,78 г/см³ (понижается с увеличением содержания конхиолина).

Нахождение — образуется в раковинах жемчуженосных моллюсков морских (*Pinctada martensii*, *Pinctada maxima*, *Meleagrina* и др.) и пресноводных (*Unio*, виды *Margaritana margaritifera*, *Margaritana middendorffi*, *Margaritana sachalinensis* и др.), морских мидий (роды *Pinna* и *Tridacna*). Жемчуг образуется в жемчужном мешке эпителиальными мантийными клетками, которые благодаря какому-то травмирующему моллюска воздействию оказываются углубленными в более глубокие слои мантии. Места лова жемчуга: морского — Персидский залив, залив Манаар, Красное море, моря, омывающие побережье Австралии, Полинезию и Микронезию, Японию, Венесуэлу, Мексику, Панаму, шт. Флориду (США), Калифорнийский залив; пресноводного — Англия, Ирландия, Франция, ГДР, Австрия, США (р. Миссури и ее притоки), бассейн р. Амазонки, Пакистан, СССР (бассейны рек Карелии и Кольского полуострова, Ленинградской, Архангельской, Псковской, Новгородской областей, республик Прибалтики, бассейн р. Амура, на Камчатке, о. Сахалин).

Применяется в ювелирном деле с древнейших времен в бусах, серьгах, перстнях, булавках, шитье и т. д. Не обрабатывается, только просверливается.

С целью облагораживания жемчуга с конца XIX — начала XX вв. его начали искусственно окрашивать. В черный цвет окрашивают слабым раствором $AgNO_3$ с последующим облучением солнечным светом или УФ-лучами и полировкой на кожаном круге, или перманганатом калия и др. Для отличия от природной окраски применяют длинноволновое УФ-излучение: естественный черный и серый жемчуг светится вишнево-красным цветом, искусственно окрашенный инертён или имеет пятнистое белое свечение. Искусственную окраску можно снять ваткой, смоченной в слабой уксусной кислоте. Окрашивают, покрывая

тонким слоем краски жемчуг в розовый и любой другой цвет. Серую окраску можно получить, облучая γ -лучами.

Культивированный жемчуг составляет 90 % современной торговли жемчугом (Япония, в меньшей степени Австралия). Запатентован метод искусственного выращивания жемчуга в 1896 г. японцем Кокихи Микимото. Ему предшествовали опыты по покрытию перламутром металлических фигурок Будды, вводимых в раковины пресноводных моллюсков в Китае (XIII в.), опыты немецкого ученого Ф. Альвердеса. Имеется ядерный (ядро — различные вещества и присадочная ткань — вводится в раковину моллюсков) и безъядерный (в надрезы в мантии вводятся кусочки другого моллюска) способы выращивания жемчуга. Молодых моллюсков после соответствующей операции помещают в металлические клетки с мелкими ячейками и погружают в море, где они живут от 3 до 7 лет. Свойства и внешний вид искусственно выращенного и естественного жемчуга практически идентичны. Для идентификации предлагаются различными учеными ряд методов, надежных в разных случаях в неодинаковой степени [48, 50]. Выявление наличия в культивированном жемчуге ядра с помощью эндоскопа, снабженного стальной или стеклянной иглой, на концах которой укреплены под углом 45° к оси иглы зеркала. С помощью люцидоскопа исследуют прозрачность слоев материнского ядра бусины культивированного жемчуга, когда они ориентированы параллельно лучу сильного света (для жемчуга с тонким покрытием). В жемчужном компасе, состоящем из мощного электромагнита, при включении тока культивированный жемчуг чаще всего начинает вращаться до тех пор, пока перламутровые слои его ядра не окажутся параллельными силовым магнитам, природный жемчуг в любом положении остается неподвижным. При рентгеновском исследовании на лауэграмме культивированного жемчуга в отличие от естественного виден узор в виде мальтийского креста. Культивированный жемчуг в отличие от естественного люминесцирует в рентгеновских лучах, однако некоторые виды природного жемчуга также люминесцируют, в то время как, например, австралийский безъядерный жемчуг свечения не имеет. Возможна идентификация природного морского и культивированного жемчуга с помощью метода ЭПР (Бершов Л. В., Орлов Ю. Л., Сперанский А. В., 1978 г.). В культивированном жемчуге наблюдаются спектры Mn.

Продолжительность жизни жемчуга ограничена, зависит от условий хранения и использования. «Старению» жемчуга способствуют высыхание (разрушается органическое вещество, в состав которого входит вода), механические повреждения, растворение поверхностного слоя, переход арагонита в кальцит (что возможно при длительном воздействии высоких температур), растрескивание (при резкой смене условий).

Имитации жемчуга известны давно. Это полые стеклянные шарики, покрытые изнутри тонким слоем «жемчужной эссен-

ции», изготовленной из чешуи рыбы уклейки, залитые опалесцирующим стеклом, воском, заполненные песком (бургиньонский жемчуг), шарики из опаловидного стекла, алебаstra (римский жемчуг), из гипса-селенита (атласский жемчуг), гематита, коралла, перламутра, пластмасс, покрытых перламутровым лаком. Природный жемчуг отличается от имитаций способностью растворяться с шипением в HCl, люминесценцией в УФ-лучах, шероховатой поверхностью. В стеклянных имитациях имеются пузырьки воздуха.

КОРАЛЛ. Назв. от греч. «неизвестный». Образуется в связи с жизнедеятельностью колониальных полипов, преимущественно отряда подкласса восьмилучевых кораллов: *Corallium rubrum* (красный коралл), реже *Antepathes spiralis* (королевский черный коралл), *Allopara subirolcea* (голубой коралл) и др. Кораллы образуют древовидные постройки с диаметром ветвей, в среднем, 4—6 мм, слагающие рифы и атоллы. В состав входит кальцит CaCO_3 (85 %), небольшое количество MgCO_3 (3 %), следы Fe_2O_3 , органическое вещество конхиолин (1,5—4 %). В составе черных и голубых кораллов конхиолин преобладает.

Непрозрачный, просвечивает в тонких сколах. Цвет розовый, телесно-розовый, красный, темно-красный, белый, редко голубоватый, черный. Л. абс. 494 нм (красный коралл). В УФ-лучах бледно-фиолетовый или пурпурно-красный. Бл. матовый, на полированных поверхностях — стеклянный, в изломе иногда жирный. Свойства зависят от состава (от соотношения минерального и органического вещества). $n_o = 1,658$, $n_e = 1,487$ (соответствует кальциту), у черного коралла $n \approx 1,56$, $n_o - n_e = 0,160$. Тв. 3,5—4. Хрупкий. Сп. отсутствует. Излом раковистый. Пл. 2,6—2,7 г/см³, с увеличением содержания конхиолина уменьшается, у черных кораллов — до 1,32—1,35 г/см³.

Нахождение — теплые моря со средней температурой 13—16 °С на глубине 3—300 м. Скорость роста 75 мм/год. Места лова: Средиземное море — побережье Туниса, Алжира, Марокко, Италии, Сицилии, Сардинии, Красное море и др.

Используется в ювелирном деле с древности в бусах, перстнях, брошах, камнях, а также применяется как поделочный камень. Для диагностики используется вскипание в HCl (черные и голубые кораллы могут не вскипать), наличие характерного зонального или сетчатого рисунка. В качестве имитаций применяется гипс, рога, кости, каучук, пластики.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Редкая встречаемость драгоценных камней в природе явилась причиной исследований, направленных на получение их искусственным путем. Однако только в связи с мощным развитием комплекса знаний — химии, геологии, кристаллографии — стало

возможным выращивать аналоги таких драгоценных минералов, как изумруд, рубин и алмаз. Некоторые вещества, выращенные для технических целей, также с успехом стали использоваться в ювелирном деле.

Методы синтеза

Для синтеза ювелирных камней используют методы, применяемые при выращивании технических кристаллов. Эти методы в общих чертах имитируют соответствующие природные геологические процессы, однако имеют свои особенности, прежде всего, в составе минералообразующей среды и времени минералообразования. Ниже кратко описаны основные методы синтеза ювелирных камней: выращивание кристаллов из расплавов, из растворов, из газовой фазы и др.

Выращивание кристаллов из расплава

В этой группе методов твердое вещество сначала расплавляется в тщательно контролируемых условиях, а затем охлаждается, в результате чего происходит его кристаллизация. Среди методов выращивания кристаллов из расплава можно выделить методы бестигельные (метод Вернейля и его модификации), тигельные (методы Наккена, Киропулоса и Чохральского), направленной кристаллизации (методы Бриджмена — Стокбаргера, Чалмерса и зонной плавки) и метод гарниссажа.

Метод Вернейля является классическим при выращивании ряда тугоплавких веществ. Принцип метода состоит в следующем: к горелке горючего газа с направленным вниз соплом через внешнюю трубу подводится водород, через внутреннюю — кислород. Тонкоизмельченный исходный материал (пудра с размером частиц 20 мкм), помещенный в бункер с сетчатым дном, под действием механического вибратора проходит через сито и попадает в поток кислорода, а затем в пламя, где расплавляется. Режим подбирается таким образом, что на стержне кристаллодержателя, входящем в пламя снизу вверх, образуется спеченый шарик, на котором формируется небольшой монокристаллический штырек, разрастающийся в кристалл-булю. Остаточное напряжение кристаллов снимается последующим обжигом в соответствующей среде. Таким методом выращивают корунд, шпинель, фабулит, рутил и др.

Метод зонной плавки применяется для выращивания кристаллов, а также для так называемой зонной очистки. В горизонтальном варианте используется длинная узкая лодочка, в вертикальном — «плавающая зона» — спеченый стержень, закрепляемый в зажимных устройствах в верхней и нижней частях. Принцип метода следующий: с помощью механизма нагревания в одном конце расплавляется небольшая область, «зона»,

а нагреватель затем перемещается вдоль образца. По мере продвижения нагревателя одновременно происходит перемещение определенных примесей в конец образца (очистка), кристаллизация в узком конце «лодочки» и последовательный рост монокристалла. Таким методом получают монокристаллы иттрий-алюминиевых гранатов и корундов.

Метод гарниссажа, или прямого высокотемпературного плавления в холодном контейнере, разработан для тугоплавких веществ, обладающих электропроводностью только при высоких температурах. В частности, метод использован для синтеза стабилизированного кубического оксида циркония, названного фианитом по месту «рождения» в ФИАНе (Физический институт АН СССР) в 1973 г. В связи с высокой (2690°) температурой плавления ZrO_2 и агрессивностью расплава невозможно подобрать соответствующие тигли, поэтому в качестве своеобразных стенок тигля используется кристаллическая оболочка самого получаемого вещества.

Выращивание кристаллов из раствора

Эти методы основываются на переносе — диффузии — вещества к растущему кристаллу под влиянием перепада температур на границе зоны с растворенным веществом и зоны растущего кристалла.

Гидротермальный метод наиболее близко имитирует процессы образования минералов в природе и поэтому широко используется для выращивания ювелирных кристаллов. Синтез производится в герметически закрытых сосудах — автоклавах, изготавливаемых из жаропрочных сталей и сплавов, позволяющих проводить процесс при температурах 250—600°С и давлениях в десятки и первые сотни мегапаскалей. Автоклавы могут быть дополнительно защищены от реактивного раствора футеровкой металла. Необходимый температурный градиент обеспечивается извне: основание автоклава нагревается выше верхней части на определенное число градусов. Возникающее давление обеспечивает течение вверх конвекционных потоков из нижней части, где растворен питающий раствор, который является насыщенным, в верхнюю, более холодную часть автоклава, где этот раствор оказывается пересыщенным и откладывается на подвешенных в верхней части затравочных пластинках, в результате чего кристалл растет. Отработанный раствор течет вниз, растворяет новое количество вещества, и цикл повторяется. Этот метод является основным для синтеза кварца, так могут быть выращены изумруд, корунд и др.

При выращивании малахита синтез производится в гидротермальных условиях путем перекристаллизации кварца и поликристаллического малахита в слабощелочной среде при 180°С. Получены светло-зеленые прозрачные кристаллы длиной 5—9 мм, толщиной 0,005—0,15 мм в виде пучков и сферолитов. Сопутствующие фазы: хризоколла и куприт.

При методе выращивания из раствора в расплаве необходим растворитель — флюс, поэтому этот метод носит название флюсового. Обычно применяют флюсы: PbF_2 , PbO , V_2O_5 и их смеси, а также щелочные вольфраматы, молибдаты и др. Метод используется для выращивания веществ с инкогнуйтным плавлением, например изумруда, александрита и др. Аппаратура состоит из платинового, иридиевого, графитового или алундового тигля, помещаемого в печь с температурным контролем. Кристаллизация происходит либо путем постепенного охлаждения расплава, насыщенного при определенной температуре необходимыми компонентами, либо в изотермических условиях за счет испарения расплава, либо методом температурного перепада.

Синтез ювелирного алмаза осуществлен в 60-х годах XX в. флюсовым методом с ростом на затравочный кристалл. Для синтеза была использована специальная камера типа «белт». Процесс осуществляется путем перекристаллизации мелких кристаллов алмаза, растворяемых в расплаве металла-катализатора, и ростом на затравочный кристалл в условиях температурного градиента. Затравочный кристалл помещается в относительно холодную часть раствора при температуре около $1420^\circ C$, мелкие кристаллы располагаются в нижней части при температуре $1450^\circ C$. Интервал используемых давлений от $55\,000 \cdot 10^8$ до $60\,000 \cdot 10^8$ Па. В настоящее время самый крупный синтетический алмаз имеет 6 мм в диаметре и весит 1 карат.

Синтез благородного опала проходит в несколько этапов: 1) получение однородных сфер кремнезема в необходимом интервале размеров (150—450 нм). При этом цвет опала зависит от размера однородных сфер; 2) упаковка сфер в плотную пространственную структуру; 3) упрочнение структуры с образованием связи между сферами кремнезема; 4) заполнение пор между сферическими частицами кремнеземом второй генерации для придания опалу прозрачности.

Получение сферических частиц кремнезема производится концентрированием его растворов. В приготовленный золь кремнезема для стабилизации вводится $NaOH$ до pH раствора, близкого к 9. Раствор нагревается до температуры $100^\circ C$ и служит в качестве маточного (затравочного). В золе содержатся первичные частицы размером не менее 10 нм в диаметре. После кипячения золя кремнезема в нем появляются частицы диаметром 250—350 нм. Во избежание образования неправильных агрегатов из сфер различных размеров производят центрифугирование золя через равные промежутки времени. Упаковка сферических частиц кремнезема производится путем длительного отстаивания или центрифугированием. Сферы кремнезема высаживаются из раствора с образованием играющей структуры, и дальнейшая задача заключается в закреплении этой играющей структуры и придании ей прочности и прозрачности. Упрочнение структуры достигается тепловой обработкой материала

(800—1100°C). Пропитка кремнеземом второй генерации производится погружением термообработанного образца в насыщенный раствор кремнекислоты на время полимеризации раствора, его гелеобразования и дальнейшего высыхания геля. Пропитку повторяют несколько раз. Конечный продукт в результате повторной термообработки приобретает достаточную твердость (5—5,5), прозрачность, яркую игру, сравнимую с некоторыми образцами природного опала.

Одним из способов «приготовления» бирюзы является измельчение пористых слабоокрашенных разностей бирюзы до мелких кусочков или порошка, пропитывание искусственными веществами и прессование этой смеси под высоким давлением. Синтез бирюзы впервые осуществлен М. Гофманом в 1927 г. В 1972 г. во Франции фирмой П. Жильсона получена синтетическая бирюза, способ производства которой не был опубликован. Предполагается, что он близок одному из вариантов М. Гофмана. Синтетическая бирюза, полученная в СССР, близка по своим свойствам к природной.

ОПИСАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАМНЕЙ

АЛМАЗ С. Ювелирный алмаз получен в 1970 г. в США. Промышленное производство в настоящее время нерентабельно. Куб. с. Прозрачный. Бесцветный, голубой, желтый. В УФ-лучах желтые — инертны, бесцветные и голубые — инертны (365 нм) или желтые, зеленые (254 нм), фосфоресцируют. Бл. алмазный. Изотропный. $n = 2,41$. Дисперсия 0,040. Тв. 10. Пл. 3,47—3,56 г/см³. Метод получения — из раствора в расплаве с использованием затравок. Особенности диагностики: наличие пластинчатых непрозрачных черных включений.

МУАССАНИТ SiC. Гекс. с. Прозрачный. Бесцветный, зеленый разной интенсивности. Одноосный, положительный. $n_e = 2,65$, $n_o = 2,69$, $n_e - n_o = 0,043$. Наблюдается отчетливый плеохроизм. Дисперсия 0,090. Бл. алмазный. Сп. несовершенная по {0001}. Тв. 9,5. Пл. 3,10—3,22 г/см³. Используется как имитация бриллианта. Диагностируют по оптическим свойствам и тв.

БРОМЕЛЛИТ BeO. Гекс. с. Прозрачный. Бесцветный. В УФ-лучах ярко-оранжевый (365 нм). Бл. стеклянный. Одноосный, положительный. $n_o = 1,719$ —1,720, $n_e = 1,733$ —1,735. $n_e - n_o = 0,014$ —0,015. Методы получения: возгонка, из раствора в расплаве. Используется как имитация бриллианта. Диагностируют по оптическим свойствам, тв., пл.

ПЕРИКЛАЗ MgO. Син.: лавернит. Куб. с. Прозрачный. Бесцветный, л. абс. (нм): 540, 485, 467. В УФ-лучах белый. Изотропный, $n = 1,737$. Тв. 5. Пл. 3,55—3,60 г/см³. Используется как имитация бриллианта, отличается более низкими тв. и n .

КОРУНД Al₂O₃. Получен О. Вернейлем в 1892 г., промышленное производство с 1902 г. Примеси: Cr, Fe, Ti, Ni, Co, V и др. Триг. с. Бесцветный, красный (рубин), синий, фиолето-

вый, желтый, оранжевый, зеленый (сапфир), синевато-зеленый при дневном освещении, фиолетовый при искусственном освещении (александритоподобный) и др. В УФ-лучах ярко-красный (рубин), оранжево-коричневый (александритоподобный) и др. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. $n_o = 1,768-1,763$, $n_e = 1,760-1,765$, $n_o - n_e = 0,008$. Тв. 9. Пл. 3,992—4,013 г/см³. Методы получения: Вернейля, Чохральского, гидротермальный, зонная плавка. Используется как имитация рубина, сапфира (рис. 16), а также александрита, аметиста и других минералов. Отличается по физическим свойствам и характерным включениям.

ФИАНИТ (Zr, Hf)O₂. Получен в 1973 г. (СССР — В. В. Осипко, В. И. Александров). Назван в честь Физического института АН СССР им. П. Н. Лебедева. Син.: кубическая окись циркония, джевалит, даймонскавай. Примеси: Tb, Ho, Eu, Tu, Se, Fe, Co, V, Ti, Mn, Cu, стабилизирован Y₂O₃. Куб. с. Прозрачный. Бесцветный, желтый, желто-коричневый, розовый, лиловый, фиолетовый, зеленый. В УФ-лучах розовый, желтый, оранжевый, инертен (365 нм), оранжевый, белый, зеленоватый, инертен (254 нм). Изотропный, иногда аномально анизотропный, $n = 2,15-2,18$. Дисперсия 0,059—0,065. Тв. 8. Хрупкий. Пл. 5,5—5,9 г/см³. Метод получения — прямое высокочастотное плавление в холодном контейнере. Широко используется в ювелирном деле. Является имитацией бриллианта, отличается по оптическим свойствам и тв. Природного аналога нет.

ШПИНЕЛЬ MgAl₂O₄, примеси: Cr, Co, Fe и др. Куб. с. Прозрачная. Бесцветная, голубая, синяя, зеленая разных оттенков, желтая, красная. Л. абс. (нм): голубая — 540, 580, 635, зеленая и желто-зеленая — 422, 445. В УФ-лучах бесцветная — беловатая (365 нм), голубовато-белая (254 нм); голубая — красная (365 нм), тускло-красная, голубовато-белая, оранжевая (254 нм); желтая, желто-зеленая — светло-зеленая; зеленая — красная (365 нм), молочно-белая (254 нм); розовая — инертна. Бл. стеклянный. Изотропна, часто с аномальным двупреломлением (волосовидные, решетчатые узоры, рис. 17). $n = 1,722-1,727$. Дисперсия 0,010—0,020. Тв. 8. Пл. 3,59—3,61 г/см³. Методы получения: Вернейля, из раствора в расплаве. Широко используется в ювелирном деле как имитация бриллианта, сапфира, аквамарина, изумруда и др. Отличается по оптическим свойствам, люминесценции, л. абс.

РУТИЛ TiO₂. Получен в 1948 г. (США). Син. (изл.): титания, астрил, бриллиант, гавагем, даймонтист, люстерлит, миридис, титаниум и др. Примеси: Co, Ni, V, Nb, Ta, Al, Cr, Ga, Mo, W, U, Be. Тетр. с. Прозрачный. Бесцветный, желтоватый, желтый, оранжевый, красный, голубой, зеленый, темно-синий. Возможны явления астеризма. Л. абс. 430 нм. В УФ-лучах инертен. Бл. алмазный. Одноосный, положительный. $n_o = 2,62$, $n_e = 2,90-2,97$, $n_e - n_o = 0,287$. Дисперсия 0,280. Тв. 6—6,5. Пл. 4,25 г/см³. Выращивают методом Вернейля. Используется

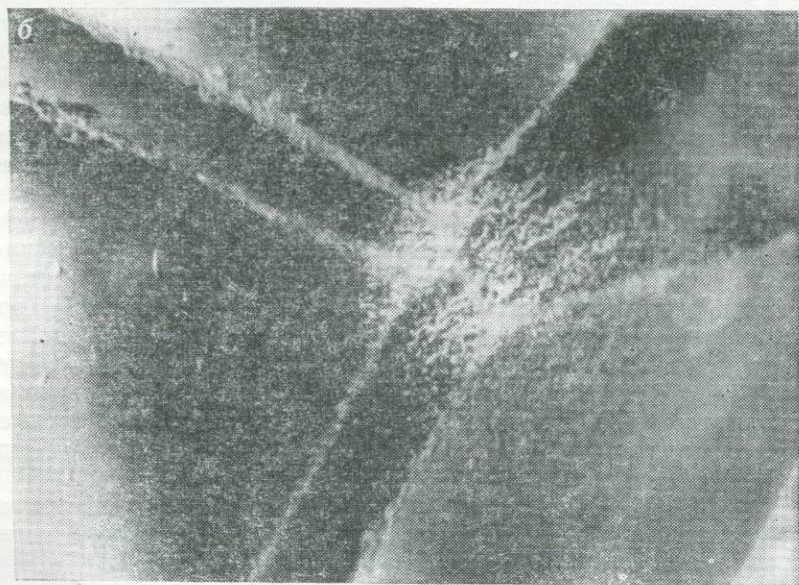
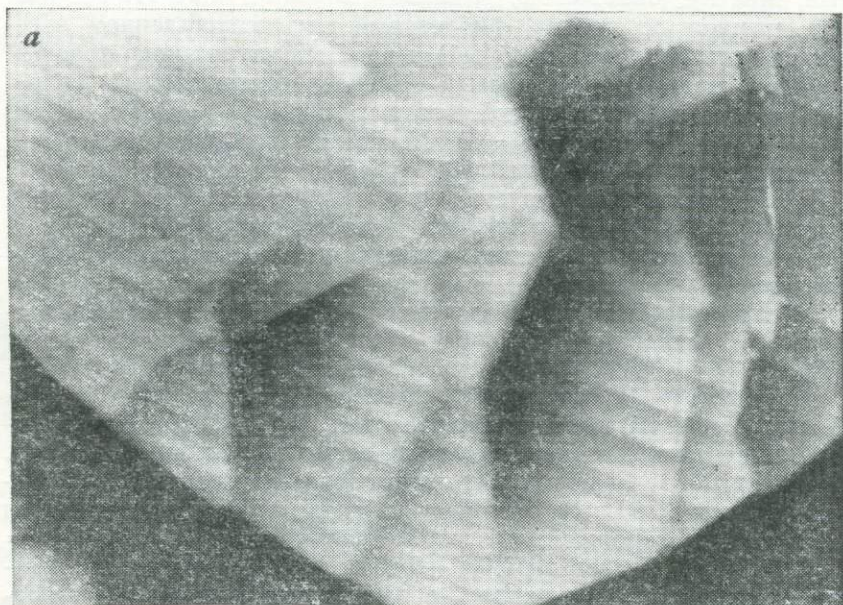


Рис. 16. Внутренние особенности синтетического сапфира:
а — зональность окраски в виде искривленных полос, *б* — облачко газовых микропузырьков



Рис. 17. Аномальное двупреломление синтетической шпиннели

как имитация бриллианта. Диагностируют по низкой тв., высоким пл. и дисперсии, оптическому характеру.

КАССИТЕРИТ SnO_2 . Тетр. с. Прозрачный. Бесцветный, розовый, фиолетовый. Бл. алмазный. Одноосный, положительный. $n \approx 2,09-1,94$, $n_e - n_o = 0,150$. Дисперсия 0,062. Тв. 6—7. Пл. 7,1 г/см³. Методы получения: гидротермальный, газотранспортный. Используется как имитация бриллианта. Перспективный материал. Диагностируют по физическим свойствам.

ОКСИД ИТТРИЯ Y_2O_3 . Получен в 1970 г. США. Син.: итролак. Примесь ThO_2 . Скрытокристаллический. Прозрачный. Бесцветный. Бл. стеклянный. Изотропный, $n = 1,92$. Дисперсия 0,039—0,050. Тв. 6—8. Пл. 4,84 г/см³. Используется как имитация бриллианта, отличается низкой твердостью, высокой пл. Природного аналога нет.

КВАРЦ SiO_2 , примеси: Fe, Al. Триг. с. Прозрачный. Бесцветный (горный хрусталь), дымчатый, коричневый, желтый (цитрин), фиолетовый (аметист), зеленый, синий, голубой (перунит). Бл. стеклянный. Одноосный, положительный. $n_o = 1,544$, $n_e = 1,553$, $n_e - n_o = 0,009$. Тв. 7. Пл. 2,65 г/см³. Метод получения — гидротермальный. Трудно отличается от природных разновидностей кварца, иногда по включениям и распределению окраски.

ОПАЛ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Получен в 1971 г. (Франция, П. Жильсон). Цвет белый, черный, с опалесценцией. В УФ-лучах синевато-белый, фосфоресцирует. Бл. стеклянный. Изотропный,

$n = 1,44$. Тв. 4,5. Пл. 2,02—2,08 г/см³ Особенности диагностики: черные опалы обладают полосчатостью (20^x) и большей прозрачностью, чем природные. Слагающие их блоки создают эффект «шкурты ящерицы». Белые опалы в проходящем свете бледные розовато-желтоватые со светло-синими и желтыми участками.

АЛЕКСАНДРИТ BeAl_2O_3 . Получен в 1972 г. (США). Ромб. с. Прозрачный. Цвет зеленый, серо-зеленый при дневном свете, фиолетово-красный при искусственном освещении. В УФ-лучах красный. Бл. стеклянный. Двуосный, положительный. $n_g = 1,755$, $n_m = 1,748$, $n_p = 1,746$, $n_g - n_p = 0,009$. Тв. 8,5. Пл. 2,73 г/см³. Методы получения: из раствора в расплаве, Чохральского, гидротермальный. Имитирует природный александрит. Особенности диагностики: наличие характерных включений, ростовых полос, дактилоскопических текстур.

ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВЫЙ ГРАНАТ (ИАГ) $(\text{TR})_3\text{Al}_2[\text{AlO}_4]_3$. Получен в начале 60-х годов, с 1969 г. используется как ювелирный камень. Син. (коммерч. изл.): геллинер, гранатит, даймоник, даймонэр, циролит и др. Возможны окрашивающие примеси: Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc. Куб. с. Структура аналогична природному гранату (островная). Прозрачный. Бесцветный, зеленый, желтый, сиреневый, розовый и др. В УФ-лучах инертен, белый, розовый, сиреневый, желтый. Бл. стеклянный. Изотропный, $n = 1,832—1,873$. Дисперсия 0,028. Тв. 8,5. Пл. 4,57—6,69 г/см³. Методы получения: зонная плавка, Чохральского и др. Широко используется в ювелирном деле. Диагностируют по оптическим свойствам. Cr-содержащая разновидность — красная под фильтром Челси. Бесцветный имитирует бриллиант, отличается включениями, меньшей тв., более высокой пл. Природного аналога нет.

ГАДОЛИНИЙ-ГАЛЛИЕВЫЙ ГРАНАТ (ГГГ) $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$. Примеси: Mn, Co. Син.: галлиант. Куб. с. Структура аналогична природным гранатам (островная). Прозрачный. Бесцветный, зеленый, красный. В УФ-лучах инертен, слабо фиолетовый, розовый. Бл. стеклянный. Изотропный, $n = 2,02—2,03$. Дисперсия 0,038. Тв. 6—6,5. Пл. 7,05 г/см³. Методы получения: зонная плавка, Чохральского. Используется как имитация бриллианта. Отличается по л. абс., меньшей тв., более высокой пл. Природного аналога нет.

ИЗУМРУД $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$. Примеси: Cr, Fe, V, Ni. Первые сообщения о получении изумруда появились в 1848 г., а изумруда ювелирного качества — в 1888 г. Син. (коммерч.): игмеральд (фирма И. Г. Фарбениндустри, Германия, 1911—1940 гг.), культивированные или созданные изумруды (фирма К. Чэтема, США, 1946, 1963 гг.), эмерита и симеральд — бериллы с изумрудным покрытием (И. Лехлейтнер, Австрия, 1960 г.). Гекс. с. Прозрачный. Цвет зеленый. Бл. стеклянный. Одноосный, отрицательный. Тв. 8. Хрупкий.

Изумруд, выращенный из раствора в расплаве, в УФ-лучах люминесцирует красным или инертен. Под фильтром Челси — ярко-красный, розовый. Л. абс. (нм): 420, 450, 477, 605, 635, 650. В ИК-спектрах отсутствуют полосы поглощения воды. $n_o = 1,557-1,567$, $n_e = 1,556-1,561$, $n_o - n_e = 0,003-0,004$. Дихроизм отчетливый. Пл. 2,64—2,65 г/см³. Характерны вуалеобразные трещины с включениями флюса (рис. 18, а).

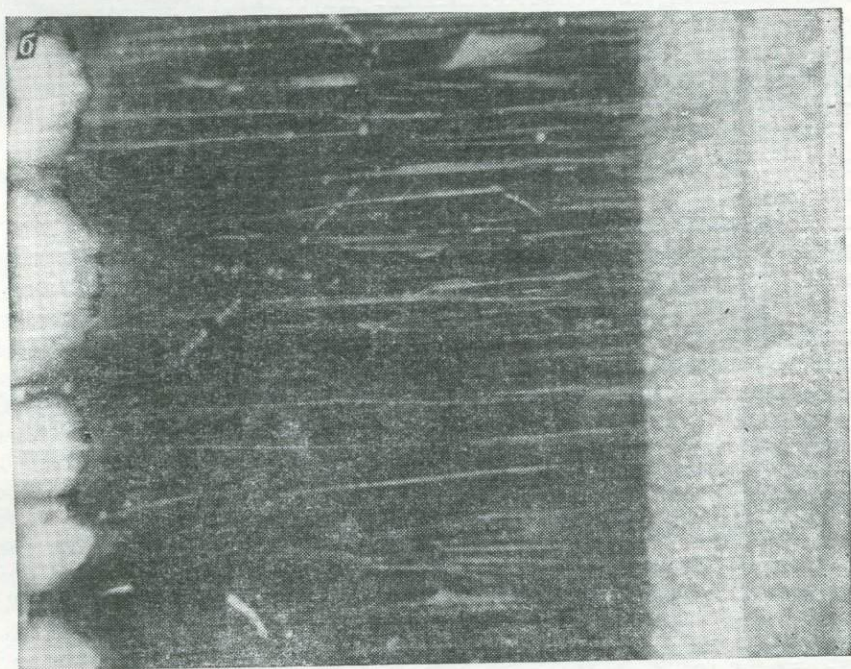
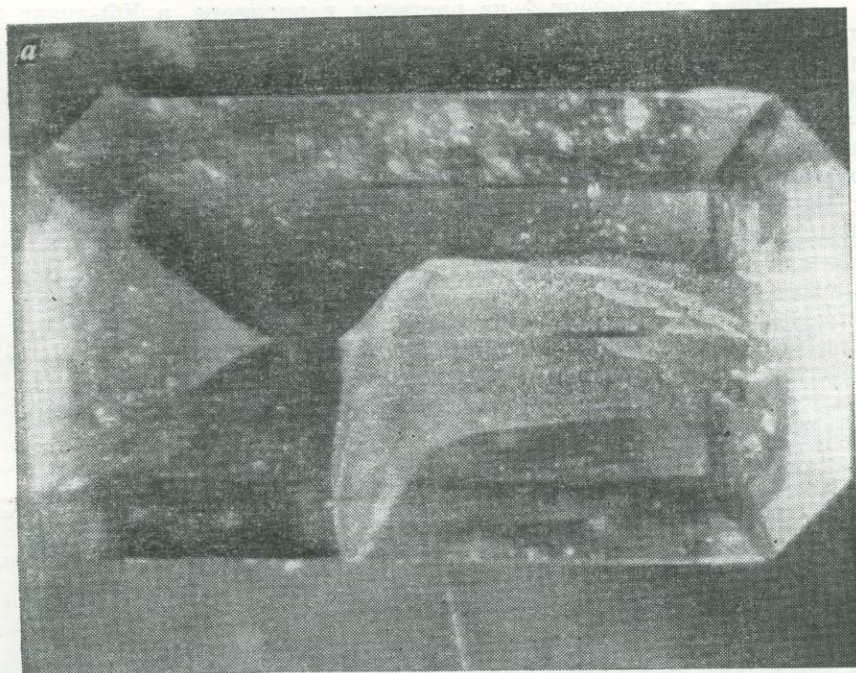
Изумруд гидротермальный в УФ-лучах инертен. Под фильтром Челси инертен. Л. абс. (нм): 434, 454, 483, 610, 636, 680. $n_e = 1,571-1,578$, $n_o = 1,566-1,572$, $n_o - n_e = 0,005-0,007$. Дихроизм сильный: желто-зеленый, зеленовато-голубой. Пл. 2,67—2,69 г/см³. Характерны газово-жидкие включения, блочность. Синтетические изумруды отличаются от природных, главным образом, по внутренним особенностям, наблюдаемым под микроскопом (см. рис. 18, б, в), и спектрам поглощения в видимой области.

СПОДУМЕН $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$. Мон. с. Прозрачный. Бесцветный, зеленый, (гидденит). В УФ-лучах инертен. Бл. стеклянный. Двусный, положительный. Показатели преломления: сподумен — $n_g = 1,674$, $n_m = 1,666$, $n_p = 1,661$, $n_g - n_p = 0,013$; гидденит — $n_g = 1,677$, $n_m = 1,668$, $n_p = 1,663$, $n_g - n_p = 0,014$. Пл. (г/см³): 3,146 (сподумен), 3,155 (гидденит). Перспективный материал.

МАЛАХИТ $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. Мон. с. Непрозрачный, прозрачный. Цвет зеленый, голубовато-зеленый. Двусный, отрицательный. $n_g = 1,909$, $n_m = 1,875$, $n_p = 1,655$, $n_g - n_p = 0,254$. Отчетливый плеохроизм. Тв. 3,5—4. Пл. 4,0—3,6 г/см³. Метод получения — гидротермальный. Отличительными признаками являются цвет, тонкослонистый рисунок.

БИРЮЗА $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Первые сообщения о синтезе появились в 1927 г. (М. Гофман), промышленное получение — с 1972 г. (Франция, П. Жильсон). Трикл. с. Непрозрачная, просвечивает в тонких сколах. Цвет небесно-голубой. В УФ-лучах молочно-белая, голубовато-белая. Бл. стеклянный, восковой. Двусная, $n = 1,592-1,610$. Тв. 5,5—6. Пл. (г/см³) 2,68—2,75 (Франция), 2,3—2,4 (СССР). Метод получения — высокотемпературное прессование. От природного аналога отличается при освещении мощной лампой под косым углом к полированной поверхности наличием вытравленных участков в светлом субстрате из-за разности в твердости цементируемых частиц, меньшей пл. (СССР), л. абс. Капля разбавленной HCl на синтетической бирюзе не оставляет следов, а природная бирюза впитывает ее и светлеет.

ШЕЕЛИТ CaWO_4 . Получен в 1963 г. (США). Тетр. с. Цвет — бесцветный, желтый, коричневый, зеленоватый. В УФ-лучах (254 нм) ярко-голубой, оранжевый. Бл. алмазный, жирный. Одноосный, положительный. $n_o = 1,918-1,920$, $n_e = 1,934-1,937$, $n_e - n_o = 0,016$. Дисперсия 0,023—0,026. Тв. 5. Пл. 5,9—6,16 г/см³. Методы получения: Вернейля, Чохральского.



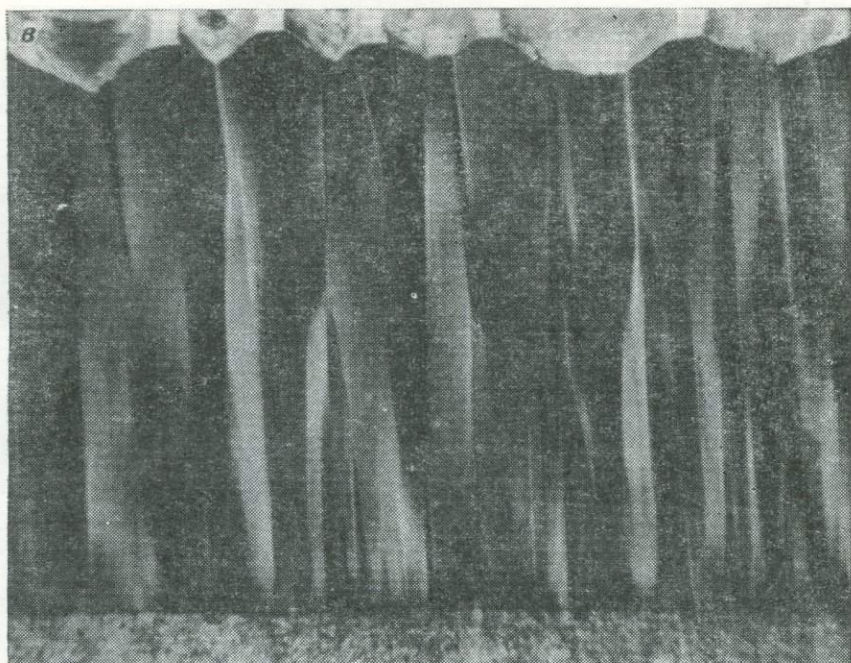


Рис. 18. Внутренние особенности синтетического изумруда:

a — трещина с включениями флюса, *б* — распределение ориентированных трещин и газоз-жидких включений; *в* — оптическая неоднородность в поляризованном свете

Используется как имитация бриллианта. Отличается меньшей тв., высокой пл., анизотропностью, наличием искривленных полос роста, газовых включений.

АЛЮМИНАТ ИТТРИЯ $YAlO_3$. Ромб. с. Прозрачный. Бесцветный, красный. $n = 1,97$. Дисперсия 0,033. Тв. ≈ 9 . Пл. 5,35 г/см³. Перспективный как имитация бриллианта.

ТИТАНАТ СТРОНЦИЯ $SrTiO_3$. Примеси: Сг, Со, Fe, Mn, Ni, V. Получен в 1953 г. (США). Син.: фабулит, менее распространены: диагем, старилайн, баль де фэ, велингтон, дьямонтин, динагем, зенитит, кеннет лейн джевел, люстигем, марвелит, поулин, тригер, россини джевел, сорелла, ювелит. Куб. с. Прозрачный. Бесцветный, желтый, красный, коричневый, черный. В УФ-лучах инертен. Бл. алмазный. Изотропный, $n = 2,41$. Дисперсия 0,19. Тв. 5,5—6, хрупкий. Пл. 5,13 г/см³. Методы получения: Вернейля, из раствора в расплаве. Используется как имитация бриллианта. Отличается низкой тв., высокими пл. и дисперсией, характерными включениями (тесты «световой шпиль» и «световое просвечивание»). Природного аналога нет.

НИОБАТ ЛИТИЯ $LiNbO_3$. Син.: линобат. Триг. с. Прозрачный. Бесцветный, зеленый (Cr^{3+}), красный (Fe^{3+}), голубой, оранжевый (Co^{3+}), желтый (Mn^{4+} , Ni^{2+}). В УФ-лучах инертен.

Бл. алмазный. $n \approx 2,21-2,31$, двупреломление 0,09. Дисперсия 0,120—0,130. Окрашенные образцы имеют отчетливый дихроизм. Тв. 5,5. Пл. 4,64 г/см³. Синтезируют методом Чохральского. Используется как имитация бриллианта. Отличается анизотропностью, меньшими тв. и показателями преломления. Природного аналога нет.

НИОБАТ БАРИЯ И НАТРИЯ Ba₂NaNb₃O₁₅. Син.: банан. $n = 2,31$. Используется как имитация бриллианта. Природного аналога нет.

ТАНТАЛАТ ЛИТИЯ LiTaO₃. Прозрачный. Бесцветный. Бл. алмазный. $n = 2,18-2,22$, двупреломление 0,006. Дисперсия 0,087. Тв. 5,5—7. Пл. 7,3—7,454 г/см³. Используется как имитация бриллианта. Отличается анизотропностью, меньшей тв., высокой пл. Природного аналога нет.

ЛАЗУРИТ. В 1976 г. П. Жильсон (Франция) синтезировал материал, по внешнему виду похожий на лазурит, состав которого не соответствует природному минералу. Это аморфное вещество с примесью кальцита, кварца, минералов группы содалита и др., что установлено рентгеновским методом. Непрозрачный. Цвет фиолетово-синий. Черта интенсивно синяя. Бл. стеклянный. Тв. 4,5. Пл. 2,33—2,53 г/см³. Содержит белые включения, не характерные для природного лазурита, и большое количество желтых непрозрачных включений с металлическим блеском, имитирующих пирит. Имитация природного лазурита определяется по физическим свойствам.

КОРАЛЛ. Получен в 1978 г. П. Жильсоном (Франция) из кальцита с добавлением органического пигмента при высоком давлении. Отличается от природного меньшей пл., отсутствием сетчатого рисунка.

ДИАГНОСТИКА ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ ПО ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Данный определитель обработанных ювелирных и поделочных камней основан на изучении их физических свойств. Последние разделены на две группы: основные — прозрачность, цвет, твердость, оптический характер, показатели преломления и плотность, и дополнительные — спайность, излом, блеск, плеохроизм, цвет фотолюминесценции, дисперсия показателей преломления, форма выделения, включения. Расположение ювелирных и поделочных камней в определительной таблице обусловлено основными свойствами, дополнительные же свойства позволяют более точно диагностировать камень. Некоторые редкие минералы и синтетические вещества в таблице не приведены. Определение производится в следующем порядке:

1. Прозрачные (полупрозрачные)

1.1. Бесцветные

Тв. 10 — алмаз, с. 133.

Тв. 9, анизотр.: $n > 1,8$ — мурссанит, с. 133; $n > 1,7$ — лейкосапфир прир. и синт., с. 133.

Тв. 8. Изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 133; $n > 1,7$ — шпинель синт., с. 133; $n > 1,6$ — родичит, с. 133. Анизотр.: $n > 1,6$ — топаз (пл. $> 3,0$), с. 135, фенакит (пл. $< 3,0$), с. 133; $n > 1,5$ — ростерит, с. 135.

Тв. 7. Изотр.: $n > 1,8$ — ГТГ, с. 135; $n > 1,7$ — лейкогранат, с. 135, $n > 1,5$ — поллуцит, с. 135. Анизотр.: $n > 1,8$ — циркон, с. 135, $n > 1,6$ — эвклаз, ахроит, данбурит, сподумен, гамбергит, с. 135, 137; $n > 1,5$ — горный хрусталь прир. и синт., с. 137.

Тв. 6. Изотр. — опал, с. 137. Анизотр. — адуляр, с. 137.

Тв. 5. Изотр. — стекло, с. 137. Анизотр.: $n > 1,8$ — шеелит, с. 137, $n > 1,6$ — апатит, датолит, гемиморфит, гердерит, с. 139, $n > 1,5$ — апофиллит, с. 139.

Тв. 4, изотр. — флюорит, с. 139.

1.2. Красные

Тв. 9. — рубин прир. и синт., с. 139, 141.

Тв. 8. изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 141, $n > 1,7$ — шпинель прир. и синт., с. 141.

Тв. 7. Изотр.: $n > 1,8$ — ГТГ, альмандин, спессартин, с. 141, $n > 1,7$ — пироп, с. 143. Анизотр.: $n > 1,8$ — гиацит, с. 143, $n > 1,6$ — сибирит, рубеллит, с. 143; $n > 1,5$ — сердолик, с. 143.

Тв. 6. Изотр. — опал, с. 143. Анизотр.: $n > 1,7$ — родонит, с. 143, $n > 1,5$ — эвдиалит, элолит, с. 143; $n > 1,4$ — тугтупит, с. 145.

Тв. 5, изотр., $n > 1,4$ — стекло, с. 145.

Тв. 4, анизотр., $n > 1,5$ — родохрозит, с. 145.

1.3. Розовые

Тв. 10 — алмаз, с. 145.

Тв. 9 — рубин прир. и синт., с. 145.

Тв. 8. Изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 147, $n > 1,7$ — шпинель прир. и

синт., с. 147. Анизотр.: $n > 1,7$ — таффеит, с. 147, $n > 1,6$ — топаз, с. 147; $n > 1,5$ — воробьевит, с. 147.
Тв. 7. Изотр.: $n > 1,7$ — спессартин, родолит, с. 147. Анизотр.: $n > 1,6$ — кунцит, рубеллит, тулит (пл. $> 3,0$), с. 149, данбурит (пл. $< 3,0$), с. 149; $n > 1,5$ — кварц, с. 149.
Тв. 6. анизотр.: $n > 1,6$ — тремолит, с. 149; $n > 1,5$ — скаполит, тугтупит, с. 149, 151.
Тв. 5. Изотр.: $n > 1,4$ — стекло, с. 151. Анизотр.: $n > 1,6$ — смитсонит (пл. $> 4,0$), с. 151, апатит (пл. $> 3,0$), с. 151, апофиллит (пл. $< 3,0$), с. 151.
Тв. 4. Изотр. — флюорит, с. 151. Анизотр.: $n > 1,5$ — родохрозит, с. 151.

1.4. Оранжевые

Тв. 9 — сапфир прир. и синт., с. 153.
Тв. 8. Изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 153, $n > 1,7$ — шпинель прир. и синт., с. 153. Анизотр.: $n > 1,5$ гелиодор, с. 153.
Тв. 7. Изотр.: $n > 1,7$ — спессартин, гессонит, с. 153, 155. Анизотр.: $n > 1,8$ — циркон, с. 155; $n > 1,5$ — цитрин прир. и синт., сердолик, с. 155.
Тв. 6. Изотр. — опал, с. 155. Анизотр.: $n > 1,8$ — титанит, с. 155; $n > 1,5$ — ортоклаз, с. 155.
Тв. 5. Изотр. — стекло, с. 155. Анизотр.: $n > 1,8$ — шеелит, с. 157.
Тв. 4. изотр., $n > 1,8$ — сфалерит, с. 157.
Тв. 3. анизотр., $n > 1,6$ — целестин, с. 157.
Тв. 2. изотр. — янтарь, с. 157.

1.5. Желтые

Тв. 10 — алмаз, с. 157.
Тв. 9 — сапфир прир. и синт., с. 157.
Тв. 8. Изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 159; $n > 1,7$ — шпинель прир. и синт., с. 159. Анизотр.: $n > 1,7$ — хризоберилл, с. 159.
Тв. 7. Изотр. — топазолит, с. 159. Анизотр.: $n > 1,8$ — циркон, с. 159; $n > 1,6$ — данбурит, синхалит, аксинит, сподумен, хризолит, поизит, с. 159, 161; $n > 1,5$ — цитрин, с. 161.
Тв. 6. Изотр. — опал, с. 163. Анизотр.: $n > 1,8$ — титанит, с. 163; $n > 1,6$ — клиногумит, скаполит, с. 163; $n > 1,5$ — канкринит, с. 163.
Тв. 5. Изотр., $n > 1,4$ — стекло, с. 163. Анизотр.: $n > 1,8$ — шеелит, с. 163, 165; $n > 1,6$ — апатит (пл. $< 3,0$), с. 165, датолит, бразилианит (пл. $> 3,0$), с. 165; $n > 1,5$ — апофиллит, с. 165.
Тв. 4. Изотр.: $n > 1,8$ — сфалерит, с. 165; $n > 1,4$ — флюорит, с. 165. Анизотр.: $n > 1,8$ — смитсонит, с. 165.
Тв. 3. анизотр., $n > 1,6$ — целестин, с. 167.
Тм. 2. изотр. — янтарь прир. и прессованный, с. 167.

1.6. Зеленые

Тв. 10 — алмаз, с. 167.
Тв. 9. анизотр.: $n > 1,8$ — муассанит, с. 167; $n > 1,7$ — сапфир, с. 167.
Тв. 8. Изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 169, $n > 1,7$ — шпинель с. 169. Анизотр.: $n > 1,7$ — таффеит, александрит прир. и синт., цимофан, с. 169, 171; $n > 1,5$ — берилл, изумруд прир. и синт., с. 171.
Тв. 7. Изотр.: $n > 1,8$ — ГГГ, демантоид, уваровит, с. 171; $n > 1,7$ — gros-суляр, тсаворит, с. 173. Анизотр.: $n > 1,8$ — циркон, с. 173, $n > 1,7$ — эпидот, с. 173, поизит, с. 175; везувиан, с. 175, $n > 1,6$ — верделит, хризолит, гидденит, жадеит, андалузит, корнерупин, с. 173, 175; $n > 1,5$ — кварц, авантюрин, хризопраз, с. 175.
Тв. 6. анизотр.: $n > 1,8$ — титанит, с. 177; $n > 1,7$ — диопсид, хромдиопсид, тремолит, с. 177, $n > 1,6$ — энстатит, с. 177.



Розовые прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: кристалл кунцита, Кулам, Афганистан; полихромный апатит в кальците, пров. Онтарио, Канада; два образца розового кварца (необработанный и кабашон), Таммела, Финляндия; средний ряд: воробьевит, Забайкалье; обработанные и необработанные турмалины (рубеллиты и полихромные), Минас-Жерайс, Бразилия; нижний ряд: кристалл кунцита, Тироль, Австрия; два кристалла розолита, Мексика

Красные прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: эвдиалит; средний ряд: кристалл рубина, Северная Карелия; два кристалла альмандин, Норвегия; три кристалла турмалина; нижний ряд: обработанные рубины; кристаллы шпинели, Шри-Ланка; обработанные альмандины





Фиолетовые прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: аметист, Урал; апатит, ГДР; флюорит; нижний ряд: три образца обработанного аметиста; два кристалла шпинели

Оранжевые, коричневые и желтые камни (слева направо):

верхний ряд: спессартин в слюдяном сланце, Средний Урал; огненный опал; красный кварц, Испания; средний ряд: крокоит, Тасмания; два образца гелиодора; скаполит, Памир; обработанный топаз; два образца обработанного дымчатого кварца; титанит, Урал; гумит, Памир; кристаллы гиацинта; нижний ряд: обработанный янтарь, обработанный желтый сапфир, обработанные цитрины (слева — с природной окраской, справа — отожженный); обработанные сердолики





Фиолетовые непрозрачные камни:

слева — чароит с тинакситом, Мурунский массив, Алдан; вверху — лепидолит, Туркменистан; справа — чароит, Мурунский массив, Алдан; внизу — скаполит, Памир, и виолац (диопсид)

Голубые прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: аквамарин, Забайкалье; апатит, Слюдянка; гемиморфит; средний ряд: четыре необработанных и один обработанный образцы аквамарина; кристалл топаза, Мурзинка, Урал; халцедон-сапфирин; нижний ряд: эвклаз, Бразилия; три обработанных образца топаза; диопсид, Бурятская АССР; голубой кварц





Розовые непрозрачные и просвечивающие в тонких сколах камни (слева направо):

верхний ряд: тулит, Туль, Франция; родохрозит, Казахстан; флюорит, Италия; средний ряд: манганволластонит, США; три образца обработанного родонита; нижний ряд: обработанные кораллы, эритрин, Шнееберг, ГДР

Зеленые прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: изумруд в флоголитовом сланце, Урал; диоптаз (аширит) Казахстан; средний ряд: необработанный образец смитсонита, Алжир; ограненные изумруды; четыре ограненных хромдиоксида; необработанный александрит, Урал; нижний ряд: кристалл эвклаза, Урал; четыре обработанных хризопраза (кабошоны); турмалин (кристалл и шесть ограненных камней)





Агальматолит, КНР

Голубые и зеленые непрозрачные камни (слева направо):

в е р х н и й р я д: образец амазонита, США; образец хризоколлы, Казахстан; н и ж н и й р я д: о б р а б о т а н н а я и н е о б р а б о т а н н а я б и р ю з а; У з б е к и с т а н; о б р а б о т а н н ы й и н е о б р а б о т а н н ы й м а л а х и т, У р а л





Синие камни:

вверху — лазурит; слева — индиголит, в центре — азурит с малахитом, справа — лазурит, внизу — три обработанных образца и один кристалл лазурита

Зеленые прозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: уваровит, Средний Урал; обработанные демантоиды, Урал; демантоид, Магаданская обл.; нижний ряд: апатит, Центральный Казахстан; обработанный диопсид; обработанный циркон; два образца обработанного берилла; кристалл берилла





Синие непрозрачные камни:

вверху — глаукофанит, Иркутская обл.; внизу (слева направо): содалит, Таджикистан; лазурит, Памир; дюмортьерит, Казахская ССР

Камни с псевдохроматической окраской (слева направо):

верхний ряд: беломорит; лабрадор; нижний ряд: беломорит; лунный камень; опалы; тигровый глаз; соколиный глаз





Бесцветные камни (слева направо):

верхний ряд: топаз; данбурит, Приморский край; нижний ряд: фенацит, Бразилия; кристаллы и двойники срастания алмаза; два кристалла горного хрусталя; данбурит

Черные непрозрачные камни (слева направо):

верхний ряд: гематит, Саксония; кристалл гематита, меланит, Италия; нижний ряд: морион; два образца обработанного гематита, двойник ставролита, Франция, изделие из графита



Тв. 5, анизотр., $n > 1,6$ — диоптаз, с. 177, апатит, гемиморфит, смитсонит (пл. $> 3,0$), с. 179, датолит (пл. $< 3,0$), с. 179; $n > 1,5$ — апофиллит, с. 179.

Тв. 4, изотр. — флюорит, с. 179.

1.7. Голубые

Тв. 10 — алмаз, с. 179.

Тв. 9 — сапфир прир. и синт., с. 181.

Тв. 8. Изотр. — шпинель синт., с. 181. Анизотр.: $n > 1,6$ — топаз, с. 181; $n > 1,5$ — аквамарин, с. 181.

Тв. 7, анизотр.: $n > 1,8$ — циркон, с. 181, $n > 1,7$ — кианит, с. 183, $n > 1,6$ — аксинит, силлиманит, эвклаз, танзанит, с. 183; $n > 1,5$ — халцедон, с. 183.

Тв. 6. Изотр. — опал прир. и синт., гаюин, с. 183. Анизотр.: $n > 1,6$ — еремеевит, с. 185.

Тв. 5. Изотр. — стекло, с. 185. Анизотр.: $n > 1,6$ — апатит, гемиморфит, с. 185.

Тв. 4, изотр. — флюорит, с. 185.

Тв. 3, анизотр., $n > 1,6$ — целестин, с. 185.

1.8. Синие

Тв. 10 — алмаз, с. 185.

Тв. 9 — сапфир прир., с. 185, синт., с. 187.

Тв. 8, изотр. — шпинель прир. и синт., с. 187.

Тв. 7, анизотр.: $n > 1,6$ — индиголит, с. 187; $n > 1,5$ — кордиерит, с. 187.

Тв. 6. Изотр. — содалит, с. 187. Анизотр. — бенитоит, с. 187.

Тв. 5, изотр. — стекло, с. 187.

Тв. 4, анизотр. — азурит, с. 189.

1.9. Фиолетовые

Тв. 10 — алмаз, с. 189.

Тв. 9 — сапфир прир. и синт., с. 189.

Тв. 8, изотр.: $n > 1,8$ — фианит, ИАГ, с. 189; $n > 1,7$ — шпинель, с. 189.

Тв. 7. Изотр. — альмандин, с. 189. Анизотр.: $n > 1,6$ — танзанит, кунцит, с. 191, $n > 1,5$ — кордиерит, аметист прир. и синт., с. 191.

Тв. 6, анизотр., $n > 1,5$ — скаполит, с. 191.

Тв. 5. Изотр. — стекло, с. 191, Анизотр. — апатит, с. 191.

Тв. 4, изотр. — флюорит, с. 193.

1.10. Коричневые

Тв. 10 — алмаз, с. 193.

Тв. 9 — сапфир прир. и синт., с. 193.

Тв. 8, анизотр. — дюмортьерит, топаз, с. 193.

Тв. 7. Изотр. — гессонит, с. 193. Анизотр.: $n > 1,7$ — гиацинт, с. 193, ставролит, с. 195, $n > 1,6$ — дравит, синхалит, аксинит, с. 195; $n > 1,5$ — дымчатый кварц, авантюрин, с. 195, сардер, сердолик, с. 197.

Тв. 6, анизотр.: $n > 1,8$ — титанит, с. 197; $n > 1,6$ — энстатит, с. 197; $n > 1,5$ — клиногумит, амблигонит, нефелин, с. 197.

Тв. 5. Изотр.: $n > 1,5$ — авантюриновое стекло, с. 199; $n > 1,4$ — стекло, с. 199. Анизотр.: $n > 1,8$ — шеелит, с. 199; $n > 1,6$ — апатит, с. 199.

Тв. 4, изотр.: $n > 1,8$ — сфалерит, с. 199; $n > 1,4$ — флюорит, с. 199,

1.11. Серые (черные)

Тв. 7, анизотр. — морион, дымчатый кварц, с. 199, соколиный глаз, халцедон, с. 201.

Тв. 5, изотр. — стекло, с. 201.

2. Непрозрачные и просвечивающие в тонких сколах

2.1. Белые

- Тв. 7, анизотр.: $n > 1,6$ — жадеит, с. 201, $n > 1,5$ — агат, с. 201.
Тв. 6 — Изотр. — кахолонг, опал, с. 201. Анизотр. — беломорит, солнечный камень, с. 203.
Тв. 5, анизотр. — волластонит, с. 203.
Тв. 4—3 — коралл, жемчуг, с. 203.
Тв. 3—2 — янтарь, с. 203.
Тв. 1—2 — агальматолит, с. 203.

2.2. Красные

- Тв. 9 — корунд звездчатый, с. 205.
Тв. 7 — жадеит, с. 205.
Тв. 6 — родонит, с. 205.
Тв. 4, анизотр.: $n > 1,8$ — пурпурит, с. 205; $n > 1,4$ — коралл, с. 205.

2.3. Розовые

- Тв. 9 — корунд звездчатый, с. 207.
Тв. 6 — родонит, с. 207.
Тв. 4, анизотр.: $n > 1,8$ — пурпурит, с. 207, $n > 1,5$ — родохрозит, жемчуг, с. 207, $n > 1,4$ — коралл, с. 207.

2.4. Желтые

- Тв. 6 — нефрит, с. 207.
Тв. 3—2 — янтарь, с. 209.

2.5. Зеленые

- Тв. 7, анизотр.: $n > 1,6$ — жадеит, с. 209, $n > 1,5$ — гелиотроп, плазма, пра-зем, с. 209.
Тв. 6 Изотр. — празопал, с. 209. Анизотр. — амазонит, с. 209.
Тв. 4, анизотр.: $n > 1,6$ — малахит, с. 209; $n > 1,5$ — варисцит, с. 211.
Тв. 3 — серпентин, с. 211.

2.6. Голубые

- Тв. 6—5. Изотр.: $n > 1,5$ — лазурит, с. 211. Анизотр.: $n > 1,6$ — церулеит, бирюза прир. и синт., с. 211, лазулит, с. 213.
Тв. 4—2 — хризоколла, с. 213.
Тв. 2—1,5 — одонтолит, с. 213.

2.7. Синие

- Тв. 8 — дюмортьерит, с. 213.
Тв. 6—5. Изотр.: $n > 1,5$ — лазурит, с. 213; $n > 1,4$ — содалит, с. 213. Анизотр., $n > 1,6$ лазулит, с. 213.
Тв. 4,5, изотр. — лазурит синт., с. 215.

2.8. Фиолетовые

- Тв. 6—5 — чароит, с. 215.

2.9. Коричневые

- Тв. 9 — корунд звёздчатый, с. 215.
Тв. 8 — хризоберилл цимофан, с. 215.
Тв. 7 — тигровый глаз, с. 215.

2.10. Серые (черные)

- Тв. 10 — алмаз, с. 215.
Тв. 9 — корунд звездчатый, с. 215.
Тв. 7, анизотр.: $n > 1,6$ — жадеит, с. 215; $n > 1,5$ — халцедон, черный агат, с. 217.
Тв. 6. Изотр. — опал, с. 217. Анизотр.: $n > 1,8$ — гематит, с. 217; $n > 1,6$ — энстатит, с. 217; $n > 1,5$ — лабрадор, с. 217.
Тв. 4 — коралл, с. 217.
Тв. 4—2 — гагат, с. 217.

Таблица 3

Определение ювелирных и поделочных камней

1. Прозрачные

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
<i>1.1. Бес</i>								
10	Изотр., часто аномально анизотр.	1,8		2,417		3,51	Совершенная по {111}	Алмазный
9,5	Анизотр.	1,8	2,650		2,690	3,1—3,22	Несовершенная по {0001}	То же
9	»	1,7	1,768—1,769		1,759—1,761	3,9—4,1	Весьма несовершенная	Стеклянный
9	»		1,770		1,762	4,0	То же	То же
8,5	Изотр.	1,8	2,10—	2,10—	2,20	6—10	»	Алмазный
8 (8,5—8)	»			1,83—1,87		4,55—6,69	»	Алмазный, стеклянный
8	Изотр., аномально анизотр.	1,7		1,728		3,63—3,64	Совершенная по {111}	Стеклянный
8	То же	1,6		1,694		3,30—3,47	Несовершенная по {111}	Стеклянный до алмазного
8	Анизотр.	1,6	1,654		1,669—1,670	2,93—3,0	Ясная по {1120}	Стеклянный, жирный

(полупрозрачные)

Дополнительные свойства						Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности		
<i>цветные</i>						
—	Голубой, желтый и др.	0,062	415, 465, 478 и др.	Оливин, пироп, хромдиопсид и др.	Алмаз, С, куб. с.	
—		0,090			Муассанит, SiC, гекс. с., синт.	
—	Оранжевый (365 нм)	0,018		Трещины, ГЖВ	Лейкосапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.	
—	Инертен, голубовато-белый	0,018		Газовые пузырьки	Лейкосапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.	
—	Инертен, оранжевый, желтый и др.	0,062		Газовые микропузырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , триг. с., синт.	
—	Инертен, сиреневый, желтый и др.	0,028		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃ , куб. с., синт.	
—	Голубоватый, белый	0,020		То же	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.	
—	Слабый желтый	0,018			Родицит, CsBe ₄ Al ₄ [B ₁₁ O ₂₄] × X (OH ₆), куб. с.	
—	Бледно-зеленый, голубой	0,015		Айкинит, слюды	Фенакит, Be ₂ [SiO ₄], триг. с.	

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
8	Анизотр.	1,6	1,618—1,643	1,610—1,636	1,607—1,633	3,56—3,57	Совершенная по {001}	Стеклянный
8 (8—7,5)	»	1,5	1,566—1,602		1,562—1,594	2,63—2,91	Несовершенная по {10 $\bar{1}$ 0} и {0001}	То же
7 (7—6)	Изотр.	2,0		2,02—2,07		7,05	Весьма несовершенная	Алмазный, стеклянный
7	»	1,7		1,737		3,50—3,51	Несовершенная по {110}	Стеклянный
7 (17—6,5)	»	1,5		1,504—1,527		2,85—	Весьма несовершенная	Стеклянный до жирного
7,5	Анизотр.	1,8	1,920—1,940		1,970—2,010	4,60—4,80	Несовершенная по {110} и {111}	Алмазный, жирный, стеклянный
7 (7,5—6,5)	»	1,6	1,671—1,676	1,655—1,658	1,650—1,652	3,02—3,10	Совершенная по {110} и {001}	Жирный, стеклянный
7 (7,5—7)	»	1,6	1,637		1,615	2,90—3,25	Весьма несовершенная	Стеклянный, жирный
7 (7,5—7)	»	1,6	1,636—1,651	1,633—1,648	1,630—1,646	2,95—3,03	Несовершенная по {001}	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, исседхромагические эффекты и другие особенности	
—	Слабый желто-зеленый (365 нм)	0,014		ГЖВ	Топаз, Al ₂ [SiO ₄](F, OH) ₂ , ромб. с.
—	Инертен	0,014		ГЖВ	Ростерит, или гошенит, Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈], гекс. с.
—	Розовый (365 нм), оранжево-розовый (254 нм)	0,038		Газовые пузырьки	ГГГ, Gd ₃ Ga ₅ O ₁₂ , куб. с., синт.
—	Инертен	0,027		ГЖВ и трехфазные включения	Лейкогранат, Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
—	Оранжевый, розовый	0,012			Поллуцит, Cs[AlSi ₂ O ₆]·H ₂ O, куб. с.
—	Инертен, желтый, оранжевый	0,039	653, 659	Трещины, оксид Fe, ГЖВ, шелк	Циркон, Zr[SiO ₄], тетр. с.
—	Инертен	0,016	455, 468		Эвклаз, AlBe(OH)[SiO ₄], мон. с.
—	»	0,017		ГЖВ, актинолит, роговая обманка, каналы	Ахроит, (Na, K, Ca) (Li, Mg, Fe, Mn, Al, Cr) ₉ × Si ₆ B ₃ (O, OH, F) ₃₁ , триг. с.
—	Голубой, зеленый	0,017	590—264		Данбурит, CaB ₂ [Si ₂ O ₈], ромб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n_i</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5)	Анизотр.	1,5	1,628—1,631	1,589—1,590	1,553—1,554	2,35—2,37	Совершенная по {010}, средняя по {100}	Жирный, стеклянный
7 (7—6,5)	»	1,6	1,665—1,682	1,660—1,669	1,653—1,670	3,0—3,20	Совершенная по {110}; средняя по {100}	То же
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	Стеклянный
6	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	То же
5 (6,5—6)	Изотр.	1,3		1,35—		1,90	Отсутствует	»
6 (6,5—6)	Анизотр.	1,5	1,522—1,539	1,522—1,533	1,518—1,528	2,55—2,63	Совершенная по {001} и {010}	Стеклянный с перламутровым отливом
5	Изотр.	1,4		1,44—1,77		2,0—4,5	Отсутствует	Стеклянный
5 (5—4,5)	Анизотр.	1,0	1,918—1,920		1,934—1,937	5,8—6,2	Ясная по {111}	Алмазный, жирный, стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
—	Инертен, розовато-оранжевый	0,015		Каналы	Гамбергит, $\text{Be}_2(\text{OH})[\text{BO}_3]$, ромб. с.
—		0,017		ГЖВ	Сподумен, $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, мон. с.
—	Инертен	0,013		ГЖВ	Горный хрусталь, SiO_2 , триг. с.
—	»	0,013		Жидкие включения	Горный хрусталь, SiO_2 , триг. с., синт.
—			Белый, зеленоватый, красноватый	Опалесценция	Опал, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, аморфный
—	Инертен, бледно-голубой (365 нм), оранжевый, (254 нм)	0,012		Возможна иризация	Адуляр (лунный камень), $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, мон. с.
—	Белесый, голубоватый, желтый, зеленый	0,010		Газовые пузырьки, свили	Стекло аморфное
—	Голубовато-белый (254 нм), инертен (365 нм)	0,038		Газовые пузырьки	Шеелит, $\text{Ca}[\text{WO}_4]$, тетр. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
5	Анизотр.	1,6	1,632—1,649		1,628—1,642	3,10—3,35	Несовершенная по {0001}	Стеклянный, жирный
5 (5,5—5)	»	1,6	1,666—1,670	1,649—1,658	1,621—1,626	2,8—3,0	Нет	Стеклянный
5 (5—4,5)	»	1,6	1,636—1,638	1,617—1,618	1,614—1,615	3,35—3,50	Совершенная по {110}, несовершенная по {101} и {001}	Стеклянный, шелковистый, тусклый, перламутровый
5 (5,5—5)	»	1,5	1,619—1,627	1,609—1,616	1,587—1,604	2,95—3,02		Стеклянный
5 (5,5—4,5)	Анизотр., может быть изотр.	1,5	1,53—1,54		1,53—1,54	2,3—2,5	Совершенная по {001}, менее совершенная по {110}	То же
4	Изотр.	1,4		1,432—1,434		3,10—3,25	Совершенная по {111}	»

1.2. Кра

9	Анизотр.	1,7	1,767		1,759	3,9—4,1	Весьма несовершенная	Стеклянный
---	----------	-----	-------	--	-------	---------	----------------------	------------

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
—	Лиловато-розовый, фиолетово-голубой	0,013			Апатит, Ca ₅ (F, Cl, OH)[PO ₄] ₃ , гекс. с.
—	Голубой (254 нм)	0,016			Датолит, CaB(OH)[SiO ₄], мон. с.
—					Гемиморфит, Zp ₄ [Si ₂ O ₇](OH) ₂ × × 2H ₂ O, ромб. с.
—	Бледно-зеленый, фиолетовый	0,017			Гердерит, CaBe(F, OH)[PO ₄], мон. с.
—	Инертен				Апофиллит, KCa ₄ [Si ₄ O ₁₀]F·8H ₂ O, тетра. с.
—	Желтый, голубой, белый и др.				Флюорит, CaF ₂ , куб. с.

сные

Красный, желтовато-красный	Красный	0,018	694, 692, 668, 659, 570, 476, 475, 468	Рутил (шелк, сетки, астеризм), карбонаты, апатит и др.	Рубин, Al ₂ O ₃ , триг. с.
----------------------------	---------	-------	--	--	--

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
9	Анизотр.		1,763—1,768 (до 1,780)		1,760—1,763	3,99—4,05	Весьма несовершенная	Стеклянный
8	Изотр.	1,8		2,10—2,20		6—10	Несовершенная	Алмазный
8	»		1,83—1,84			4,55—7,09	Весьма несовершенная	То же
8	»	1,7		1,712—1,719		3,50—3,70	Несовершенная {111}	Стеклянный
	Часто аномально анизотр.	1,7		1,728		3,63	Совершенная	То же
7 (7—6)	Изотр.	1,8		2,02—2,07		7,05	Весьма несовершенная	Алмазный, стеклянный
7 (7,5—7)	»			1,800		4,18	То же	Стеклянный
7 (7,5)	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,8		1,830—1,750 (1,78)		3,95—4,30	»	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии поглощения, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Красный, желтовато-красный	Красный, молочно-белый	0,018	694, 692, 668, 659, 550, 476, 475, 468	Газовые пузырьки, свили, криволинейная зональность окраски	Рубин, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Нет	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый и др.	0,062		Газовые микропузырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»	То же	0,028—0,038		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃ , куб. с., синт.
»	Красный, оранжевый	0,020	686, 675, 500	Шпинель, магнетит, циркон, иногда шелк, астеризм	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
»	Красный, желтый и др.	0,020	686	Газовые пузырьки	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
—	Желтовато-красный, розоватый, бледный желтовато-красный,	0,038		То же	ГГГ, Gd ₃ Ga ₅ O ₁₂ , куб. с., синт.
Нет	Инертен	0,027	495, 485, 462, 432, 422, 412	Жидкие включения	Спессартин, Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
»	»	0,027	462, 505, 526, 576, 617	Роговая обманка (сетки, шелк, астеризм), биотит и др.; перья	Альмандин, Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5—7)	Изотр.	1,7		1,746— 1,706		3,51	Весьма несовершенная	Стеклообразный
7 (7,5—6,3)	Анизотр.	1,8	1,830— 1,930		1,840— 1,970	4,08 4,60	Несовершенная по {110} и {111}	Алмазный, жирный, стекловатый
7 (7,5—7)	»	1,6	1,640— 1,655		1,615— 1,620	3,03— 3,10	Весьма несовершенная	Стеклообразный
7 (7—6,5)	»		1,526— 1,535		1,539— 1,544	2,57— 2,64		То же
6 (6,5—5)	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,40— 1,46 (1,37)		1,98— 2,25	Нет	»
6 (6,5—5)	Анизотр.	1,7	1,735— 1,737	1,728— 1,729 (1,73)	1,723— 1,726	3,66— 3,68	Совершенная {110}, {010}	»
6 (6—5)	»	1,5	1,595		1,598	2,90	Несовершенная, по {0001}	»
6 (6—5,5)	»	1,5	1,529— 1,547		1,526— 1,542	2,55— 2,66	Несовершенная {0001}	Стеклообразный, жирный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен	0,017	575, 505	Циркон и др.	Пироп, Mg ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
Красный, коричневатокрасный	Желтый	0,039	Нет	Шелк, трещины с гидроксидами и др.	Гиацинт, Zr[SiO ₄], тетр. с.
Красный, розовый	Инертен, голубоватый, лавандовый	0,017	На границе 400, 443, 453, 459, 520		Сибирит, рубеллит (эльбант), NaLiAl ₆ Si ₆ B ₃ O ₂₈ × (OH) ₂ F, триг. с.
Нет	Инертен			Оксиды Fe ³⁺ и гидроксиды Fe ³⁺	Сердолик (карнеол), SiO ₂ , триг. с.
»	Красный	Низкая		Редко с опалесценцией или иризации	Опал огненный, SiO ₂ · nH ₂ O, аморфный
Желтоватокрасный розовый, бледный, желтоватокрасный	Тусклый красный		548, 503 455, 412 408	Оксиды марганца	Родонит, (Mn, Ca) ₃ [Si ₅ O ₁₅], трикл. с.
В красных тонах					Эвдиалит, Na ₇ Ca ₃ FeZrSi ₁₂ O ₃₂ × (OH) ₂ Cl, триг. с.
	Голубой, оранжевый (365 нм)	Низкая		Иногда с эффектом кошачьего глаза	Элеолит, KNa ₃ [AlSiO ₄] ₄ , гекс. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6 (6,5—4)	Анизотр.	1,4	1,496—1,495		1,502—1,499	2,30—2,57		Стеклянный, жирный
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44—1,77		2,00—4,50	Нет	Стеклянный
4 (4—3,5)	Анизотр.	1,5	1,786—1,840	1	1,578—1,695	3,4—3,7	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	Стеклянный, перламутровый
<i>1.3. Po</i>								
10	Изотр., аномально анизотр.	1,8		2,417		3,51	Совершенная по {111}	Алмазный
9	Анизотр.	1,7	1,757—1,768		1,765—1,776	3,9—4,1 (4,0)	Весьма несовершенная	Стеклянный
9	»		1,763—1,768 (до 1,80)		1,760—1,763	3,99—4,05	То же	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Сильный голубовато-красный, оранжево-красный	Красный, оранжево-красный, оранжевый			Неравномерное распределение окраски	Тугтупит, Na ₄ AlBe[Si ₄ O ₁₂]Cl, тетр. с.
Нет	Белесый, голубоватый, зеленоватый и др.	0,010		Газовые пузырьки, свили	Стекло, аморфное
Слабый в красных тонах	Розовый (365 нм), красный, фиолетовый (254 нм)		551, 410 535, 565	Бурно вскипает в HCl при нагревании	Родохрозит, Mn[CO ₃], триг. с.
<i>зовые</i>					
Нет	Голубой, желтый, зеленый	0,062	415	Оливин, пироп, хромдиопсид, хромшпинелиды и др.	Алмаз, С, куб. с.
Розовый, желтовато-розовый	Красный	0,018	694, 692 668, 659 476, 475 468	Апатит, карбонаты, слюды, рутил, шелк, гидроксиды Fe, ГЖВ, каналы	Рубин, Al ₂ O ₃ , триг. с.
То же	»	0,018	694, 692 668, 659 476, 475 468	Газовые пузырьки, включения шихты, криволинейная зональность окраски	Рубин, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
8 (8,5)	Изотр.	1,8		2,10—2,20		6,10	Весьма несовершенная	Алмазный
8 (8,5—8)	Часто аномально анизотр.		1,83—1,87			4,55—6,69	То же	Стеклянный, алмазный
8	То же	1,7		1,728		3,63	Совершенная по {111}	Стеклянный
8	Изотр.		1,712—1,719			3,50—3,70	Несовершенная по {111}	То же
8 (8,5—8)	Анизотр.		1,736—1,721		1,727—1,717	3,43—3,61	Не наблюд.	»
8	То же	1,6	1,641	1,636	1,632	3,50—3,52	Совершенная по {001}	»
8 (8—7,5)	»	1,5	1,578—1,600		1,572—1,592	2,71—2,90	Несовершенная по {10 $\bar{1}$ 0} и {0001}	»
7 (7,5—7)	Изотр.	1,7		1,79—1,81		4,12—4,20	Весьма несовершенная	Стеклянный, жирный
7	»			1,75—1,76		3,79—3,89	То же	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый и др.	0,062		Газовые микропузырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый	0,028		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃ , куб. с., синт.
»	Красный	0,020		То же	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
»	»	0,020	540	Магнетит, циркон, кальцит и др., оксиды Fe, шелк	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
Не наблюд.	Зеленоватый		458		Таффеит, MgBeAl ₄ O ₈ , гекс. с.
Темно-розовый, желтый, розовый, бесцветный	Оранжево-желтый, зеленоватый-белый, желто-зеленый	0,014	Возможна 682	ГЖВ	Топаз, Al ₂ (F, OH) ₂ [SiO ₄] ₂ , ромб. с.
Голубовато-розовый, бледно-розовый	Слабый лиловый	0,014		»	Воробьевит (морганит), Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈], гекс. с.
Нет	Нет	0,027	495, 485, 462, 432, 424, 412	Жидкие включения	Спессартин, Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
»	»	0,026			Родолит, (Mg, Fe) ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5—7)	Анизотр.	1,6	1,640—1,655		1,615—1,620	3,03—3,10	Весьма несовершенная	Стеклянный
7 (7—6)	»	1,6	1,665—1,682	1,660—1,669	1,653—1,670	3,0—3,2	Совершенная по {100}	То же
7 (7—6)	»		1,697—1,725	1,688—1,710	1,685—1,705	3,15—3,38	Совершенная по {010}	»
7	»		1,636	1,633	1,630	2,97—3,03	Несовершенная по {001}	»
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	»
6 (6—5)	»	1,6	1,624—1,643	1,613	1,560—1,562	2,98—3,03	Совершенная по {110}, несовершенная по {010}	»
6	»	1,5	1,549		1,540	2,50—2,74	Совершенная по {100}, несовершенная по {110}	Стеклянный, смолистый

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Розовый, темно-розовый, красный	Голубой, лавандовый, желтый	0,017	443, 453, 459, 520	ГЖВ, роговая обманка, слюды	Рубеллит (эльбаит), $\text{NaLiAl}_6\text{Si}_6\text{B}_3\text{O}_{28} \times (\text{OH})\text{F}$, триг. с.
Пурпурно-фиолетовый, бесцветный	Золотисто-розовый, оранжевый	0,017		ГЖВ, каналы	Кунцит, $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, мон. с.
Бледно-розовый, бесцветный, желтый или темно-розовый	Бледно-коричневый	0,019			Тулит, $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{SiO}_4] \times [\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})$, ромб. с.
Нет	Голубой, голубовато-зеленый	0,017	584 и др.		Данбурит, $\text{CaB}_2[\text{Si}_2\text{O}_8]$, ромб. с.
Розовый, бледно-розовый	Инертен	0,013			Кварц, SiO_2 , триг. с.
Голубовато-красный, темно-розовый, темный красно-фиолетовый	Оранжевый, розовый		Иногда 437		Тремолит (гексагонит), $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2 \times (\text{OH})_2$, мон. с.
Темно-голубой, лавандово-голубой	Желтый, оранжевый, розовый	0,017	663, 652		Скаполит (вернерит), $(\text{Ca}, \text{Na})_4[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8]_3(\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl})$, тетр. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
6 (6,5—4)	Анизотр.	1,5	1,496—1,495		1,502—1,499	2,30—2,57		Стеклянный, жирный
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44—1,77		2,0—4,5	Нет	Стеклянный
5 (5—4)	Анизотр.	1,6	1,848—1,849		1,621	4,10—4,50	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	Стеклянный, перламутровый
5	То же	1,6	1,632—1,649		1,628—1,642	3,10—3,35	Несовершенная по {0001}	Стеклянный
5	Анизотр., может быть аномально изотр.	1,5	1,53—1,54		1,53—1,54	2,30—2,50	Совершенная	То же
4	Изотр.	1,4		1,432—1,434		3,18 (3,0—3,25)	Совершенная по {111}	»
4	Анизотр.	1,7	1,786—1,840		1,578—1,695	3,4—3,7	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Оранжево-красный, голубовато-красный	Красный, оранжево-красный, оранжевый			Неравномерное распределение окраски	Тугтупит, Na ₄ AlBe[Si ₄ O ₁₂]Cl, тетр. с.
Нет	Белесый в желтых и голубых тонах	0,010		Газовые пузырьки, свили	Стекло, аморфное
	Голубовато-белый, красный, коричневый, зеленовато-желтый лавандовый	0,037		Вскипает в HCl при нагревании	Смитсонит, Zn[CO ₃], тригр. с.
	Розовый	0,013			Апатит, Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl, OH), гекс. с.
Нет	Нет	Нет			Апофиллит, KCa ₄ [Si ₄ O ₁₀]F·8H ₂ O, тетр. с.
	Желтый, голубой, белый и др.	0,007	490, 510	ГЖВ	Флюорит, CaFe ₂ , куб. с.
Слабый в красных тонах	Розовый, красный, фиолетовый		410, 535, 551, 565	Бурно вскипает в HCl при нагревании	Родохрозит, Mn[CO ₃], тригр. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
<i>1.4. Оран</i>								
9	Анизотр.	1,7	1,772— 1,768		1,763— 1,760	3,99	Весьма несовер- шенная	Стек- лянный
9	»	1,7	1,770		1,762	3,90— 4,00	То же	То же
8	Изотр.	1,8		2,20— 2,10		6—10	»	Алмаз- ный
8	»	1,8		1,84		4,55	»	То же
8	»	1,7		1,720		4,20	Несовер- шенная до {111}	Стек- лянный
8	Изотр., часто ано- мально анизотр.	1,7		1,728		3,63	Совер- шенная по {111}	То же
7	Анизотр.	1,5	1,568— 1,602		1,564— 1,595	2,63— 2,90	Несовер- шенная по {10 $\bar{1}0$ } и {0001}	»
7 (7,5— 7)	Изотр	1,7		1,79— 1,81		3,80— 4,25	Весьма несовер- шенная	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плео- хроизм	Цвет люминес- ценции	Диспер- сия	Линии абсорб- ции, нм	Включения, псевдохро- матические эффекты и другие особенности	
<i>жевые</i>					
Желто- коричне- вый или оранже- вый, бесцвет- ный	Оранже- во-красный, яркий	0,018		Апатит, графит, пирротин, ГЖВ	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Слабый в жел- то-оран- жевых тонах		0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Нет		0,062		Газовые микропу- зырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»		0,028		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃ , куб. с., синт.
»		0,020		Магнетит, циркон, апатит, кальцит, оксиды Fe и др.	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
»		0,020		Газовые пузырьки	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
Корич- невато- желтый, светло- желтый	Инертен	0,014		ГЖВ, каналы	Гелиодор, Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈], гекс. с.
Нет	»	0,027	412, 424 432, 462 485, 495	Жидкие включения	Спессартин, Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5—6,5)	Изотр.			1,742— 1,748		3,50— 3,75	Весьма несовер- шенная	Стек- лянный, жирный
7 (7,5— —7)	Анизотр.	1,8	1,92— 1,94		1,97— 2,01	4,60— 4,80	Несовер- шенная	Стек- лянный, алмаз- ный
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовер- шенная	Стек- лянный
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	То же
7 (7— 6,5)	»	1,5	1,526— 1,535		1,539— 1,544	2,57— 2,62		»
6 (6—5)	Изотр.	1,4		1,35— 1,47 (1,37)		1,90— 2,30	Отсут- ствует	»
6 (6—5)	Анизотр.	1,8	1,943— 2,110	1,870— 2,040	1,843— 1,950	3,29— 3,56	Ясная по {110}	Алмаз- ный до смо- листого, жирный
6 (6,5— 6)	»		1,522— 1,549	1,522— 1,533	1,518— 1,529	2,55— 2,63	Совер- шенная по {001} и {010}	Стек- лянный, перла- мутро- вый
5	Ани- зотр., иногда ано- мально анизотр.	1,4		1,44— 1,77		2,0— 4,50	Отсут- ствует	Стек- лянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плео- хроизм	Цвет люминес- ценции	Диспер- сия	Линии абсорб- ции, нм	Включения, псевдохро- матические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен	0,027		Диопсид, циркон и др.	Гессонит, Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
	Инертен, оранже- вый, жел- тый	0,039		Шелк, оксиды Fe	Циркон, Zr[SiO ₄], тетр. с.
	Инертен	0,013			Цитрин, SiO ₂ , триг. с.
Нет	»	0,013		ГЖВ	Цитрин, SiO ₂ , триг. с., синт.
	»			Оксиды и гидро- оксиды Fe ³⁺	Сердолик (карнеол), SiO ₂ , триг. с.
Нет	Зеленова- то-корич- невый	Очень низкая		Редко опалесцен- ция или иризация	Опал, SiO ₂ · <i>n</i> H ₂ O, аморфный
Оранже- во-ко- ричне- вый, ко- ричнева- то-жел- тый, бледно- желтый	Инертен	0,051			Титанит (сфен), CaTi[SiO ₄]O, мон. с.
	Слабо-го- лубоватый (365 нм), оранжевый	0,012	420, 445	Возможна иризация в желтых и красных тонах	Ортоклаз, K[AlSi ₃ O ₈], мон. с.
Нет	Белесый в голубых, желтых, зеленых тонах	0,010		Газовые пузырьки, свилы	Стекло, аморфное

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
5 (5—4,5)	Анизотр.	1,9	1,918—1,920		1,934—1,937	5,80—6,20	Ясная по {111}	Стеклянный до алмазного
4 (4—3,5)	Изотр.	1,8		2,36—2,47		3,50—4,20	Совершенная по {110}	Жирный, алмазный, металловидный
3 (3,5—3)	Анизотр.	1,6	1,631—1,635	1,624	1,622—1,625	3,97—4,00	Совершенная по {001}, средняя по {201}	Стеклянный, перламутровый
2 (2,5—2)	Изотр.	1,5		1,535—1,545		1,03—1,10	Нет	Стеклянный, матовый, жирный
2 (2,5—2)	»	1,5		1,535—1,650		1,03—1,10	»	То же
10	Изотр.	1,8		2,417		3,51	Совершенная по {111}	Алмазный
9	Анизотр.	1,7	1,769—1,775		1,761—1,767	3,99	Весьма несовершенная	Стеклянный
9	»		1,770		1,762	4,0	То же	То же

1.5.

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
	Голубовато-белый (254 нм)	0,038	584		Шеелит, Ca[WO ₄], тетр. с.
Нет	Оранжево-красный, красный	0,156	651, 667	Черта бурая. Растворяется в HCl с выделением H ₂ S	Сфалерит, ZnS, куб. с.
Слабый	Голубой, тусклый желтый	0,014			Целестин, Sr[SO ₄], ромб. с.
Нет	Белый, зеленый, голубой, желтый			Включения насекомых, растений	Янтарь, C ₁₀ H ₁₆ O — смола, аморфный
»	Белый, зеленый, голубой, желтый, инертен			Структуры течения, шарики, сгустки красителя	Янтарь прессованный, смола
<i>Желтые</i>					
Нет	Голубой, желтый	0,062 (0,044)	415, 503	Оливин, пироп, хромдиоксид, хромшпинелиды, и др.	Алмаз, C, куб. с.
Желтый, бледно-желтый	Оранжевый, желто-оранжевый	0,018	450, 460, 471	ГЖВ	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Слабый	Инертен	0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
8 (8,5—8)	Изотр.	1,8		2,10—2,20		6—10	Весьма несовершенная	Алмазный
8	»	1,8		1,83—1,87		4,55—6,69	То же	Алмазный, стеклянный
8	Обычно аномально анизотр.	1,7		1,728		3,63—3,64	Совершенная по {111}	Стеклянный
8	Изотр.	1,7		1,720		4,20	Несовершенная по {111}	То же
8 (8,5—8)	Анизотр.		1,753—1,770	1,747—1,764	1,744—1,759	3,68—3,73	Совершенная по {110} и несовершенная по {001} и {010}	»
7	Изотр.	1,8		1,887		3,75	Несовершенная по {110}	»
7 (7,5—6,5)	Анизотр.	1,8	1,780—1,940		1,815—2,010	3,95—4,80	Несовершенная по {110} и {111}	Алмазный, жирный
7	»	1,6	1,636	1,633	1,630	2,97—3,03	Несовершенная по {001}	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Лин и абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый	0,062		Газовые микропузырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»	То же	0,028		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR ₃ Al ₂ [AlO ₄]) ₃ , куб. с., синт.
»	Желтый, оранжевый	0,020		То же	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
»		0,020		Магнетит, циркон, апатит, кальцит	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
В желтых, коричневых тонах	Инертен	0,015	444, 486	ГЖВ, каналы	Хризоберилл, BeAl ₂ O ₄ , ромб. с.
Нет		0,057	443		Топазолит, Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
Слабый в желтых тонах	Инертен, желтый, оранжевый	0,039	681, 662, 659, 653, 589, 562, 537, 515, 484, 432	Шелк, ГЖВ, оксиды Fe	Циркон, Zr[SiO ₄], ромб. с.
	Голубой, голубовато-зеленый	0,017			Данбурит, CaB ₂ [Si ₂ O ₈], ромб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
7 (7,5—5,5)	Анизотр.	1,6	1,712— 1,705	1,697— 1,692	1,665— 1,676	3,47— 3,50		Стекло- лянный
7 (7—6,5)	»	1,7	1,687— 1,684	1,683— 1,681	1,677— 1,673	3,18— 3,36	Средняя по {010}	То же
7 (7—6,5)	»	1,6	1,665— 1,682	1,660— 1,669	1,653— 1,670	3,0—3,2	Совершенная по {110}, средняя по {100}	»
7 (7—6,5)	»	1,8	1,879— 1,670	1,869— 1,651	1,827— 1,635	3,19— 4,39	Средняя по {100} и {010}	Стекло- лянный, жирный
7 (7—6)	»	1,7	1,725— 1,697	1,710— 1,688	1,705— 1,685	3,15— 3,38	Совершенная по {010}, несовершенная по {100}	То же
7	»	1,5	1,553		1,544	2,65	Весьма несовершенная	»
7	»	1,5	1,553		1,544	2,65	То же	Стекло- лянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Бледно-коричневый, зелено-ватокоричневый, темно-коричневый	Инертен		452, 463 475, 493		Сингалит (синхалит), $MgAl[BO_4]$ ромб. с.
Коричневый, фиолетово-голубой, желтый, оливково-зеленый, бесцветный	Красный, оранжево-красный, инертен	Сильная	415, 444 466, 492 512, 532		Аксинит, $Ca_2FeAl_2(OH) \times [BO_3][Si_4O_{12}]$, трикл. с.
Незначителен в желтых тонах	Оранжево-желтый	0,017	433, 437	Каналы	Сподумен, $LiAl[Si_2O_6]$, мон. с.
Зелено-ватожелтый, желтый	Инертен	0,020	453, 473 493, 529 653	Включения шпинели, хромита, граната	Хризолит (оливин), $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$, ромб. с.
В зелено-ватожелтых тонах	»	0,019			Цоизит, $Ca_2Al_3[Si_2O_7] \times [SiO_4]O(OH)$, ромб. с.
	»	0,013		ГЖВ	Цитрин, SiO_2 , триг. с.
	»	0,013			Цитрин, SiO_2 , триг. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6 (6,5—6)	Изотр.	1,4		1,435— 1,470		2,90— 2,30	Нет	Стеклянный, перламутровый
6 (6—5)	Анизотр.	1,8	2,110— 1,943	2,046— 1,870	1,950— 1,843	3,29— 3,56	Ясная по {110}	Алмазный до смолистого, жирный
6	»	1,6	1,653— 1,700	1,635— 1,678	1,622— 1,655	3,16		Стеклянный
6 (6—5)	»	1,6	1,600— 1,539 (1,657)		1,563— 1,536 (1,540)	2,50— 2,78 (2,92)	Средняя по {100}, несовершенная по {110}	То же
6 (6—5)	»	1,5	1,528— 1,507		1,503— 1,491	2,42— 2,51	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 0}	Стеклянный, жирный, перламутровый
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44— 1,77		2,00— 4,50	Нет	Стеклянный
5 (5—4,5)	Анизотр.	1,8	1,918— 1,920		1,934— 1,937	5,80— 6,20	Совершенная по {111}	Стеклянный до алмазного

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен, зеленовато-коричневый	Очень низкая			Опал, SiO ₂ · <i>n</i> H ₂ O, аморфный
Оранжево-коричневый, коричневатожелтый, желтый	Инертен	0,051			Титанит, CaTiO[SiO ₄], мон. с.
					Клингоумит, Mg ₉ [SiO ₄](OH, F) ₆ , мон. с.
Бесцветный, бледножелтый, желтый	Желтый, оранжевый, (365 нм), розовый, сиреневый (254 нм)	0,017			Скаполит, серия твердых растворов, тетр. с.
	Инертен		250, 280 350	Вскипает в HCl	Канкринит, Na ₃ Ca[AlSiO ₄] ₃ × (CO ₃)H ₂ O
Нет	Белесый в желтых и голубых тонах	0,010		Газовые пузырьки, свили	Стекло аморфное
	Инертен (365 нм), голубовато-белый (254 нм)	0,038	584		Шеелит, Ca[WO ₄], тетр. с.,

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
5 (5—4,5)	Анизотр.	1,8	1,920		1,936	5,90—6,10	Раковинистый, неровный	Стеклянный до алмазного
5	»	1,6	1,632—1,649		1,628—1,642	3,10—3,35	Несовершенная по {0001} и {10 $\bar{1}$ 0}	Стеклянный
5 (5,5—5)	»	1,6	1,670—1,666	1,658—1,649	1,626—1,622	2,80—3,00	Нет	То же
5 (5,5—5)	»	1,6	1,623—1,621	1,609	1,602	2,98—2,99	Совершенная по {010}	Стеклянный, перламутровый
5 (5—4,5)	Анизотр., может быть изотр.	1,5	1,530—1,540		1,533—1,540	2,30—2,50	Совершенная по {001} и {110}	Стеклянный
4 (4—3,5)	Изотр.	1,8		2,36—2,47		3,50—4,20	Совершенная по {110}	Жирный, алмазный
4	»	1,4		1,432—1,434		3,00—3,25	Совершенная по {111}	Стеклянный
4 (4,5—4)	Анизотр.	1,8	1,848—1,849		1,621	4,30—4,45	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
		0,026			Шеелит, Ca[WO ₄], тетр. с., синт.
Очень слабый	Лиловый	0,013	520, 580		Апатит, Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl, OH), гекс. с.
Нет	Голубой	0,016			Датолит, CaSiBO ₄ (OH), мон. с.
Слабый в бледно-желтых тонах	Инертен	0,014			Бразилианит, NaAl ₃ (OH) ₄ [PO ₄], мон. с.
Нет	»				Апофиллит, KCa ₄ [Si ₄ O ₁₀] ₂ F·8H ₂ O, тетр. с.
»	Оранжево-красный, красный	0,156	351, 667 690	Черта бурая. Растворяется в HCl с выделением H ₂ S	Сфалерит, ZnS, куб. с.
»	Желтый, голубой, белый и др.	0,007		ГЖВ	Флюорит, CaF ₂ , куб. с.
	Голубовато-белый, розовый (254 нм), коричневый, желтый (365 нм)	0,037		Вскипает в HCl при нагревании	Смитсонит, Zn[CO ₃], триг. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
3 (3,5—3)	Анизотр.	1,6	1,635—1,631	1,624	1,625—1,622	3,90—4,00	Совершенная по {001}, средняя по {201}	Стеклянный, шелковистый
2 (2,5—2)	»	1,5		1,545—1,535		1,03—1,10	Нет	Стеклянный, матовый, жирный
2 (2,5—2)	Изотр.	1,5		1,536—1,650		1,03—1,10	»	То же
								1.6. Зе
10	Изотр., часто аномально анизотр.	1,8		2,471		3,51	Совершенная по {111}	Алмазный
9,5	Анизотр.	1,8	2,650		2,690	3,10—3,21	Несовершенная по {0001}	То же
9	»	1,7	1,770—1,779		1,770—1,762	3,99—4,01	Весьма несовершенная	Стеклянный
9	»	1,7	1,770		1,762	4,00	То же	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Слабый в голубовато-зеленых, фиолетовых тонах	Голубой, тускло-желтый	0,014			Целестин, Sr[SO ₄], ромб. с.
Нет	Белый, зеленый, голубой, желтый			Включения насекомых, растений	Янтарь, C ₁₀ H ₁₆ O, смола, аморфный
»	Белый, зеленый, голубой, желтый, инертен			Структуры течения, шарики, сгустки красителя	Янтарь прессованный, смола
Нет	Голубой	0,062	415 (714)	Оливин, пироп и др.	Алмаз, C, куб. с.
		0,044			Муассанит, SiC, гекс. с., синт.
Темно-зеленый, желто-зеленый	Инертен	0,018	450, 460, 471	ГЖВ	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Темно-зеленый, слабый	Оранжево-коричневый (для александритоподобного), красный	0,018	475	Газовые пузырьки. Александритоподобный — фиолетовый при искусственном свете	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства							Спайность	Блеск
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³		
		n	n_g (n_o)	n_m (n_e)	n_p (n_e)			
8 (8,5)	Анизотр.	1,8		2,10— 2,20		6—10	Весьма несовер- шенная	Алмаз- ный
8	Изотр.	1,8		1,83— 1,87		4,55— 6,69	То же	Алмаз- ный, стек- лянный
8	Изотр., часто ано- мально анизотр.	1,7		1,728		3,63— 3,64	Совер- шенная по {111}	Стек- лянный
8	То же	1,7		1,712— 1,719		3,58— 3,61	Несовер- шенная по {111}	То же
8 (8,5— 8)	Анизотр.	1,6	1,721— 1,736		1,717— 1,727	3,43— 3,61	Не наблюд.	»
8 (8,5— 8)	»	1,7	1,755— 1,759	1,748— 1,753	1,745— 1,749	3,64— 3,77	Совер- шенная по {110}, несовер- шенная по {001} и {010}	Стек- лянный, в изломе жирный
8 (8,5— 8)	»	1,7	1,755— 1,759	1,748— 1,753	1,745— 1,749	3,64— 3,77	То же	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Голубоватый, зеленоватый, сиреневатый	0,062		Газовые пузырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»	То же	0,028		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₅ , куб. с., синт.
»		0,020		То же	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
»		0,020		Магнетит, циркон, апатит, оксиды Fe, ГЖВ	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
Не наблюд.	Зеленоватый		458		Таффент, MgBeAl ₄ O ₈ , гекс. с.
Темно- красный, оранже- вый, зеленый	Красный, бледно-зе- леный, желто-зе- леный	0,015	555, 640 649, 655 5—687,5	ГЖВ, каналы, фиолетово- красный при искус- ственном свете	Александрит, BeAl ₂ O ₄ , ромб. с.
То же	То же	0,015		Газовые пузырьки, вуалеоб- разные трещины с флюсом. Фиолето- во-красный при искус- ственном свете	Александрит, BeAl ₂ O ₄ , ромб. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства							Дополнительные свойства	
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
8 (8,5—8)	Анизотр.	1,7	1,753—1,770	1,747—1,764	1,744—1,759	3,68—3,73	Совершенная по {110}, несовершенная по {001} и {010}	Стеклянный, в изломе жирный
8 (8—7,5)	»	1,5	1,570—1,591		1,566—1,584	2,67—2,80	Несовершенная по {10 $\bar{1}$ 0} и {0001}	Стеклянный
8 (8—7,5)	»	1,5	1,593—1,566		1,572—1,600	2,68—2,78	Несовершенная по {101} и {0001}	То же
8 (8—7,5)	»	1,5	1,575—1,585		1,570—1,579	2,68—2,77	Несовершенная	»
8 (8—7,5)	»	1,5	1,558—1,564		1,551—1,560	2,59—2,67	То же	»
7 (7—6)	Изотр.	1,8		2,02—2,07		7,05	Весьма несовершенная	Алмазный, стеклянный
7 (7—6,5)	»	1,8		1,888—1,889		3,82—3,85	То же	Алмазный
7 (7,5—6,5)	»	1,8		1,87—1,74		3,40—3,80 (3,41—3,77)	»	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
В желтых и коричневых тонах	Инертен	0,015		Эффект кошачьего глаза	Цимофан, BeAl_2O_4 , ромб. с.
В желтых и зеленых тонах	»	0,014		ГЖВ, каналы	Берилл, $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, гекс. с.
Голубовато-зеленый, желто-зеленый	Инертен, редко зеленый	0,014	472, 477, 637, 646, 662, 680, 683	Биотит, флогопит, актинолит, альбит, ГЖВ, каналы	Изумруд, $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, гекс. с.
Сильный голубой, желтовато-зеленый	Инертен	0,014	405, 430, 455, 610, 650, 695	Блочность, ГЖВ	Изумруд, $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, гекс. с., синт. (гидротерм.)
То же	Красный	0,014	420, 435, 600, 645, 638, 660, 664	Вуалеобразные трещины с флюсом	Изумруд, $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, гекс. с., синт. (из раствора в расплаве)
Нет	»	0,038		Газовые пузырьки	ГГГ, $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, куб. с., синт.
»	Инертен	0,057	443, 693, 701, 622, 640		Демантоид, $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$, куб. с.
»	»				Уваровит, $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$, куб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5—7)	Изотропный	1,7		1,738— 1,745		3,60— 3,65	Весьма несовершенная	Жирный, стеклянный
7 (7,5—7)	То же	1,7		1,731— 1,732		3,62	То же	То же
7 (7,5—7)	Анизотр.	1,8	1,78— 1,93		1,81— 1,97	3,95— 4,20	Несовершенная по {110} и {111}	Стеклянный до алмазного
7 (7—6)	»	1,7	1,797— 1,734	1,784— 1,725	1,751— 1,732	3,35— 3,49	Совершенная по {001}, несовершенная	Стеклянный
7 (7,5—7)	»	1,6	1,631— 1,638		1,610— 1,632	3,02— 3,15	Весьма несовершенная	То же
7 (7—6,5)	»	1,6	1,679	1,669	1,627	3,30	Средняя и несовершенная по {010} и {100}	Жирный, стеклянный
7 (7—6,5)	»	1,6	1,688— 1,662	1,673— 1,655	1,670— 1,648	3,10— 3,20	Совершенная или средняя по {100}	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен	0,027	461, 630		Гроссуляр, Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
»	»	0,027			Цаворит (тзаворит, тсаворит), Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
В зеленых и коричневых тонах	Инертен, желтый, оранжевый	0,039	520, 653	Оксиды Fe, ГЖВ, шелк	Циркон, Zr[SiO ₄], тетра. с.
Бледно-желтый, зелено-ватожелтый, желто-зеленый	Инертен		455, 475 595		Эпидот, Ca ₂ (Al, Fe) ₃ [SiO ₄]X × [Si ₂ O ₇]O(OH), мон. с.
Зеленый, светло-зеленый, желтый, голубовато-зеленый	Инертен, иногда желтый	0,017	497, с 640 — поглощение; 425, 465	ГЖВ, каналы, эффект кошачьего глаза	Верделит, (Na, K, Ca)(Li, Mg, Mn, Al, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Cr) ₉ Si ₆ B ₃ (O, OH, F) ₃₁ , триг. с.
Слабый зеленый, желто-зеленый	Инертен	0,020	460, 501	Шпинели, слюды, жидкие включения «листья лотоса»	Хризолит (оливин), (Mg, Fe) ₂ [SiO ₄], ромб. с.
Зеленый, голубовато-зеленый, бледно-зеленый до бесцветного	Оранжевый, оранжево-желтый	0,017	620, 646 669, 690 686		Гидденит, LiAl[Si ₂ O ₆], мон. с.

Важнейшие диагностические свойства									
Гвердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск	
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)				
6 (6,5—6)	Анизотр.	1,6	1,667—1,652	1,645	1,640	3,25—3,36 (3,34)	Ясная или средняя по {110}	Стеклянный	
7 (7,5—6,5)	»	1,6	1,650—1,638	1,644—1,633	1,640—1,629	3,10—3,20	Ясная по {110}	То же	
7 (7—6)	»	1,6	1,725—1,697	1,710—1,688	1,705—1,685	3,15—3,38	Совершенная по {010}, несовершенная по {100}	»	
7 (7—6)	»	1,6	1,699—1,674	1,696—1,673	1,682—1,661	3,27—3,45 (3,28—3,35)	Совершенная по {110}	»	
7 (7—6)	»	1,6	1,761—1,674		1,750—1,655	3,32—3,47	Несовершенная по {110}	»	
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	»	
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	»	
7 (7—6,5)	»	1,5	1,520—1,535		1,539—1,544	2,57—2,64	Нет	»	

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Белый (365 нм), инертен (254 нм)		430, 437,5, 433, 450, 630, 655, 691,5		Жадит (импернал), NaAl[Si ₂ O ₆], мон. с.
Желтый, зеленый, красный	Коричневый, желто-зеленый, темно-зеленый (254 нм), инертен (365 нм)	0,016	455, 495, 518, 547,5, 550,5, 553		Андалузит, Al ₂ [SiO ₄]O, ромб. с.
Голубой, пурпурный, зеленый	Инертен	0,019	455, 528, 595		Цоизит (танзанит), Ca ₂ Al ₃ [SiO ₄] × × [Si ₂ O ₇]O(OH), ромб. с.
Зеленый, желтый, красновато-коричневый	Желтоватый	0,018	503, 463, 446, 430, 540	Иногда с эффектом кошачьего глаза или астеризма	Корнерупин, Mg ₅ Al ₃ Si ₅ BO ₃₀ , ромб. с.
Слабый в зеленых тонах	Инертен	0,019	461, 528		Везувиан (идокраз), Ca ₁₉ FeAl ₁₂ [Si ₁₈ × × O ₇₀]O(OH) ₈ , тетр. с.
Нет	»	0,013		Жидкие включения	Кварц, SiO ₂ , триг. с., синт.
»	»	0,013		Жильбертит, фуксит, серицит	Авантюрин гималайский, SiO ₂ , триг. с.
»	»		632		Хризопраз, SiO ₂ , триг. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6 (6—5)	Анизотр.	1,8	1,943— 2,110	2,034— 1,870	1,950— 1,843	3,29— 3,56	Ясная или несовершенная по {110}	Алмазный
6 (6,5—5,5)	»	1,6	1,721— 1,695	1,701— 1,672	1,695— 1,664	3,22— 3,38 3,29	Средняя или совершенная по {110}	Стеклянный
6 (6,5—5,5)	»	1,6	1,702	1,680	1,674	3,20	Средняя или совершенная	То же
6 (6—5)	»	1,6	1,624— 1,643	1,613	1,562— 1,560	2,90— 3,20	Совершенная по {110}, несовершенная по {010}	»
6 (6—5)	»	1,6	1,680— 1,658	1,671— 1,653	1,665— 1,650	3,30— 3,10	Ясная или средняя по {110}	»
5	»	1,6	1,658— 1,644		1,697— 1,709	3,28— 3,35	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Бледно-желтый, коричневатожелтый, коричневый	Инертен	0,051			Титанит (сфен), CaTiO[SiO ₄], мон. с.
Нет	Голубой, кремовый, оранжево-желтый (254 нм), коричневатожелтый (365 нм)		446, 493		Диопсид, CaMg[Si ₂ O ₆], мон. с.
Желтый, зеленый	Фиолетовый		490, 505 508, 635 655, 670 дублет при 690		Хромдиопсид, CaMg[Si ₂ O ₆], мон. с.
Желтовато-зеленый, светло-зеленый, зеленый	Инертен, зеленоватобелый, тусклый, желтый		437		Тремолит, Ca ₂ Mg ₅ (OH) ₂ × [Si ₄ O ₁₁] ₂ , мон. с.
Розовато-коричневый, зеленоватокоричневый, бледно-зеленый	Инертен	Низкая	506, 547,5	Гематит, гетит	Энстатит, Mg ₂ [Si ₂ O ₆], ромб. с.
Слабый в синезеленых тонах	»	0,036 (0,022)	550		Диоптаз, Cu ₆ [Si ₆ O ₁₈]6H ₂ O, триг. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
5	Анизотр.	1,6	1,667—1,603 (1,628—1,642)		1,598—1,666 (1,632—1,649)	3,10—3,35	Несовершенная по {0001}	Стеклянный, в изломе жирный
5 (5—4,5)	»	1,6	1,636—1,638	1,617—1,618	1,614—1,615	3,35—3,50	Совершенная по {110}, несовершенная по {101} и {001}	Стеклянный, перламутровый
5 (5—4)	»	1,6	1,848—1,849		1,621	4,10—4,50	Совершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	То же
5 (5,5—5)	»	1,6	1,670—1,666	1,658—1,649	1,626—1,621	2,80—3,00	Нет	Стеклянный
5 (5—4,5)	»	1,5	1,53—1,54		1,53—1,54	2,30—2,50	Совершенная по {001}, хорошая по {110}	Стеклянный, перламутровый
4	Изотр.	1,4		1,432—1,434		3,00—3,25 (3,18)	Совершенная по {111}	Стеклянный
10	Изотр., часто аномально анизотр.	1,8		2,417		3,51	Совершенная по {111}	Алмазный

1.7. Го

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
В голубовато-зеленых тонах	Зеленовато-желтый	0,013	585, 577 574		Апатит, Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl, OH), гекс. с.
Нет	Не наблюда.				Гемиморфит (каламин), Zn ₄ [Si ₂ O ₇](OH) ₂ ·H ₂ O
	Голубовато-белый, розовый, коричневый, зеленовато-желтый, лавандовый	0,037		Вскипает в HCl при нагревании	Смитсонит, Zn[CO ₃], триг. с.
Нет	Голубой (254 нм)	0,016			Датолит, CaB(OH)[SiO ₄], мон. с.
»	Инертен				Апофиллит, KCa ₄ [Si ₄ O ₁₀]F × 8H ₂ O, тетр. с.
»	Желтый, голубой, белый, фиолетовый	0,007	427, 445 582, 610 634	ГВЖ	Флюорит, CaF ₂ , куб. с.
Нет	Голубой	0,062	415, 714	Оливин, пироп, хромдиопсид и др.	Алмаз, С, куб. с.

лубые

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
9	Анизотр.	1,7	1,770—1,779		1,762—1,770	3,99—4,00	Весьма несовершенная	Стеклянный
9	»	1,7	1,767		1,759	3,90—4,10	То же	То же
8	Изотр., аномально анизотр.	1,7		1,728		3,63—3,64	Совершенная по {111}	»
8	Анизотр.	1,6				3,56	Совершенная по {001}	»
8—7,5	»	1,5	1,572—1,590		1,567—1,583	2,68—2,80	Несовершенная по {10 $\bar{1}$ 0} и {0001}	»
7,5	»	1,8	1,97—2,01		1,92—1,94 (1,925)	4,60—4,80	Несовершенная по {110} и {111}	Стеклянный, алмазный, жирный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Фиолетово-голубой, голубовато-зеленый	Инертен, зеленовато-белый, красный, оранжевый	0,018		ГЖВ, шелк, сетки, прямолинейная зональность окраски	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Слабый	Инертен, оранжевый, (365 нм), тусклый голубой, белый (254 нм)	0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Нет	Инертен, красный, розовый, оранжевый (365 нм), голубой, молочно-белый (264 нм)	0,020		То же	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
Голубой, бледно-розовый, бесцветный	Инертен, слабый желто-зеленый (365 нм)	0,014		ГЖВ, каналы	Топаз, Al ₂ [SiO ₄](F, OH) ₂ , ромб. с.
Голубой, бесцветный	Инертен	0,014	4, 27, 456, 537	То же	Аквамарин, Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈], гекс. с.
Небесно-голубой, бесцветный, желтовато-серый	Инертен, тускло-желтый, оранжевый	0,039	653, 659	Оксиды Fe, ГЖВ, текстуры типа «отпечатков пальцев»	Циркон, Zr[SiO ₄], тетр. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7	Анизотр.	1,7	1,727—1,734	1,721—1,723	1,712—1,718	3,53—3,68	Совершенная, по {100}, средняя или несовершенная по {010} и {001}	Стеклянный, перламутровый
7 (7—6,5)	»	1,6	1,668	1,610	1,656	3,18	Средняя по {010}	Стеклянный
7	»	1,6	1,673—1,683	1,658—1,662	1,661—1,654	3,25	Совершенная по {110} и {001}	Стеклянный, жирный
7 (7,5—6,5)	»	1,6	1,671—1,676	1,655—1,658	1,650—1,652	3,02—3,10	То же	То же
7 (7—6,5)	»	1,5	1,526—1,535		1,539—1,542	2,57—2,64		Стеклянный
7 (7—6)	»	1,6	1,697—1,725	1,688—1,710	1,705—1,685	3,15—3,38	Совершенная по {010}, несовершенная по {100}	То же
6 (6—5,5)	Изотр.	1,4		1,495—1,505		2,44—2,50	Средняя по {110}	»
6 (6—4,5)	»	1,4		1,435—1,470		1,90—2,30	Отсутствует	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Фиолетово-голубой, бесцветный, синий	Тускло-красный (365 нм)	0,020	600, 710		Кианит (дистен), Al ₂ O ₃ [SiO ₄], триг. с.
Бледно-голубой, бледно-фиолетовый, бледно-серый	Инертен, тускло-красный, оранжево-красный				Аксинит, Ca ₂ FeAl ₂ (OH) × (BO ₃)[Si ₄ O ₁₂], трикл. с.
Голубой, зеленоватый, бледно-желтый	Инертен, слабо-красный	0,015	410, 441, 462	Иногда с эффектом кошачьего глаза	Силлиманит, AlO[AlSiO ₄], ромб. с.
	Инертен	0,016	455, 468		Эвклаз, AlBe[SiO ₄](OH), мон. с.
Нет	»				Халцедон, SiO ₂ , триг. с.
Голубой, пурпурный, зеленый	»	0,019	455, 528, 595		Танзанит, Ca ₂ Al ₃ [SiO ₄] × [Si ₂ O ₇]O(OH), ромб. с.
Нет	Инертен, оранжево-красный		~ 600		Гаюин, Na ₃ Ca[AlSiO ₄] ₃ × (SO ₄), куб. с.
»	Инертен, зеленый	Низкая		Опалесценция	Опал, SiO ₂ · nH ₂ O, аморфный

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6 (6,5)	Анизотр.	1,6	1,647—1,653		1,638—1,641	3,31—3,28		
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,5		1,44—1,77		2,00—4,50	Отсутствует	Стеклянный
5	Анизотр.	1,6	1,632—1,649		1,628—1,642	3,10—3,35	Несовершенная по {0001}	То же
5 (5—4,5)	»	1,6	1,636—1,638	1,617—1,618	1,614—1,615	3,35—3,50	Совершенная по {110}, несовершенная по {101} и {001}	Стеклянный, шелковистый
4	Изотр.	1,4		1,432—1,434		3,10—3,25	Совершенная по {111}	Стеклянный
3 (3,5—3)	Анизотр.	1,6	1,631—1,635	1,624	1,622—1,625	3,90—4,00	Совершенная по {001}, средняя по {201}	Стеклянный, шелковистый
10	Изотр., часто аномально анизотр.	1,8		2,417		3,51	Совершенная по {111}	1.8. Алмазный
9	Анизотр.	1,7	1,770—1,779		1,762—1,770	3,99—4,10	Весьма несовершенная	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Голубой, бесцветный					Еремеевит, Al[VO ₃], гекс. с.
Нет	Белесый в голубых, желтых, зеленых тонах	0,010		Газовые пузырьки, свиля	Стекло, аморфное
В голубовато-зеленых тонах	Фиолетово-голубой	0,013	464, 491		Апатит, Ca ₅ [PO ₄](F, Cl, OH), гекс. с.
Нет	Инертен				Гемиморфит, Zn ₄ [Si ₂ O ₇](OH) ₂ × H ₂ O, ромб. с.
»	Желтый, голубой, белый и др.	0,007	427, 445, 582, 610, 634	ГЖВ	Флюорит, CaF ₂ , куб. с.
Слабый в голубых тонах	Голубой, тускло-желтый	0,014			Целестин, Sr[SO ₄], ромб. с.
<i>Синие</i>					
Нет	Голубой	0,062		Оливин, хромдиопсид, пироп и др.	Алмаз, С, куб. с.
Синий, зеленовато-синий	Инертен, зеленовато-белый, оранжевый	0,018	450, 460	ГЖВ, шелк, сетки, прямолинейная зональность окраски	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
9	Анизотр.	1,7	1,767		1,759	3,9—4,1	Весьма несовершенная	Стекланный
8	Изотр.	1,7		1,715—1,747		3,58—3,61	Несовершенная по {111}	То же
8	»	1,7		1,728		3,63	Совершенная по {111}	»
7 (7,5—7)	Анизотр.	1,6				3,05—3,11	Весьма несовершенная	»
7 (7,5—7)	»	1,5	1,578—1,527	1,574—1,524	1,538—1,522	2,53—2,78	Средняя по {010}, несовершенная по {100} и {001}	»
6 (6—5,5)	Изотр.	1,4		1,438—1,487		2,14—2,40 (2,28)	Средняя по {110}	Стекланный, в изломе жирный
6 (6,5—6)	Анизотр.	1,8	1,756—1,757		1,800—1,804	3,64—3,68	Несовершенная по {10 $\bar{1}$ 1}	Стекланный
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44—1,77		2,0—4,5	Отсутствует	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
	Желтый, красный и др.	0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Нет	Инертен	0,020	458, 478, 675, 686	Шпинель, магнетит и др.	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
»		0,020		Газовые пузырьки	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
	Инертен, голубой	0,017			Индиголит, (Na, K, Ca)(Li, Mg, Mn, Al, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Cr) ₉ Si ₆ B ₃ (O, OH, F) ₃₁ , триг. с.
Фиолетово-синий, голубой, бесцветный, желтый	Инертен	0,017	426, 436, 456, 492, 535, 585, 593, 645	Апатит, циркон, гематит	Кордиерит (нолит, дихронит), (Mg, Fe) ₂ Al ₃ × [AlSi ₅ O ₁₈], ромб. с.
Нет	Оранжево-красный, фиолетовый, (365 нм), тускло-красный	0,018			Содалит, Na ₄ [AlSi ₃ O ₄]Cl, куб. с.
Синий, бесцветный	Голубой (254 нм)	0,046			Бенитоит, BaTi[Si ₃ O ₉], гекс. с.
Нет	Белесый, голубоватый, желтоватый и др.	0,010		Газовые пузырьки	Стекло, аморфное

Важнейшие диагностические свойства								
Увер- дось	Оптиче- ский характер	Показатели преломления				Плот- ность, г/см ³	Спай- ность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
4 (4— 3,5)	Анизотр.	1,7	1,836— 1,838		1,730	3,70— 3,90	Совер- шенная по {001}, средняя по {021}	Стек- лянный
1.9. Фио								
10	Изотр., часто ано- мально анизотр.	1,8		2,417		3,51	Совер- шенная по {111}	Алмаз- ный
9	Анизотр.	1,7	1,770— 1,779		1,762— 1,770	3,95— 4,00	Весьма несовер- шенная	Стек- лянный
9	»	1,7	1,767		1,759	3,90— 4,10	То же	То же
8	Изотр.	1,8		2,10— 2,20		6—10	Несовер- шенная	Алмаз- ный
8	»	1,8		1,83— 1,87		4,55	Весьма несовер- шенная	Алмаз- ный, стек- лянный
8	»	1,7		1,712— 1,717		3,58— 3,61	Несовер- шенная по {111}	Стек- лянный
8	»	1,7		1,728		3,63	Совер- шенная по {111}	То же
7	Изотр., ано- мально анизотр.	1,8		1,750— 1,830 (1,78)		3,95— 4,30	Весьма несовер- шенная	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плео- хронизм	Цвет люминес- ценции	Диспер- сия	Линии абсорб- ции, нм	Включения, псевдохро- матические эффекты и другие особенности	
Силь- ный в синих тонах	Инертен		435, 624, 881		Азурит, Cu ₃ (OH) ₂ [CO ₃] ₂ , мон. с.
летовые					
Нет	Голубой	0,062	415	Оливин, пироп и др. линии скольжения	Алмаз, С, куб. с.
Фиоле- товый, оранже- вый	Красный	0,018		ГЖВ, шелк, сетки и др.	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
	»	0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Нет	Голубова- тый, зеле- новатый, сиренева- тый	0,062		Газовые микропу- зырьки	Фианит, (Zr, Hf)O ₂ , куб. с., синт.
»	То же	0,028 0,038		Газовые пузырьки	ИАГ, (TR) ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃ , куб. с., синт.
»	Красный, зеленый	0,020		Шпинель, магнетит, ГЖВ	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с.
»	Желтый, красный и др.	0,020		Газовые пузырьки	Шпинель, MgAl ₂ O ₄ , куб. с., синт.
»	Инертен	0,027	505, 526	Циркон, рутил, амфиболы и др.	Альмандин, Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7-6)	Анизотр.	1,6	1,725—1,697	1,710—1,688	1,705—1,685	3,15—3,38	Совершенная по {010}, несовершенная по {100}	Стеклянный
7 (7-6)	»	1,6	1,682—1,665	1,669—1,660	1,670—1,653	3,0—3,20	Совершенная по {110}, средняя по {100}	Стеклянный, жирный
7	»	1,5	1,578—1,527	1,574—1,524	1,558—1,522	2,53—2,78	Средняя по {010}, несовершенная по {100} и {001}	Стеклянный
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	То же
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	»
6	»	1,5	1,539—1,540		1,531—1,534	2,58—2,59	Совершенная по {100}, несовершенная по {110}	»
5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44—1,77		2,0—4,5	Отсутствует	»
5	Анизотр.	1,6	1,632—1,649		1,628—1,642	3,10—3,35	Несовершенная по {0001}	Стеклянный, жирный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Голубой, пурпурный, зеленый	Инертен	0,019	455, 528 595		Танзанит, Ca ₂ Al ₃ [SiO ₄] × × [Si ₂ O ₇]O(OH), ромб. с.
Пурпурно-фиолетовый, бесцветный	Золотисторозовый, оранжевый	0,017		Каналы	Кунцит, LiAl[Si ₂ O ₆], мон. с.
Фиолетовый	Инертен	0,017	426, 436 456, 492 535, 585 593, 645	Апатит, циркон, гематит	Кордиерит (нолит, дихроит), (Mg, Fe) ₂ Al ₂ × × [AlSi ₅ O ₁₈], ромб. с.
Слабый в фиолетовых тонах	»	0,013		ГЖВ, дактилоскопические текстуры	Аметист, SiO ₂ , триг. с.
Сильный в фиолетовых тонах	»	0,013		ГЖВ	Аметист, SiO ₂ , триг. с., синт.
Фиолетовый, бесцветный	Бледно-розовый (254 нм)	0,017	450, 488 4,95		Скаполит (вернерит), серия твердых растворов: мариолит — мейонит, тетр. с.
Нет	Белесый, голубоватый, желтоватый и др.	0,010	Зависит от состава примесей	Газовые пузырьки, свиля	Стекло, аморфное
Слабый	Инертен, розовый	0,013			Апатит, Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl, OH), гекс. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
4	Изотр.	1,4		1,432—1,437		3,10—3,25 (3,18)	Совершенная по {111}	Стеклообразный
<i>1.10. Ко</i>								
10	Изотр., часто аномально анизотр.	1,8		2,417			Совершенная по {111}	Алмазный
9	Анизотр.	1,7	1,770—1,779		1,762—1,770	3,95—4,00	Весьма несовершенная	Стеклообразный
9	»	1,7	1,767		1,759	3,90—4,10	То же	То же
8 (8,5—7)	»	1,7	1,723—1,683	1,722—1,677	1,686—1,659	3,36—3,41	Средняя по {100} и несовершенная по {110}	»
8	»	1,6	1,637—1,641	1,631—1,636	1,629—1,632	3,50—3,54	Совершенная по {001}	»
7 (7,5—6,5)	Изотр.	1,7		1,742—1,748		3,50—3,75	Весьма несовершенная	»
7 (7,5)	Анизотр.	1,8	1,780—1,940		1,815—2,010	3,95—4,80	Несовершенная по {110} и {111}	Алмазный, жирный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Голубой, желтый, белый и др.	0,007		ГЖВ	Флюорит, CaF ₂ , куб. с.
<i>ричные</i>					
Нет	Голубой, желтый, зеленый	0,062	415	Оливин, пироп	Алмаз, С, куб. с.
	Инертен	0,018		ГЖВ	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с.
		0,018		Газовые пузырьки	Сапфир, Al ₂ O ₃ , триг. с., синт.
Коричневый, красновато-коричневый	Голубой, голубовато-белый, фиолетовый (254 нм)				Дюмортьерит, Al ₇ O ₃ [BO ₃][SiO ₄] ₃ ромб. с.
В желто-коричневых тонах	Оранжево-желтый (365, нм), зеленовато-белый (254 нм)	0,014		ГЖВ	Топаз, Al ₂ (F, OH) ₂ [SiO ₄], ромб. с.
	Инертен	0,027		Диопсид, циркон и др.	Гессонит, Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ , куб. с.
	Инертен, горчично-желтый, оранжево-желтый	0,039	653,5, 659		Гиацинт, Zr[SiO ₄], тетр. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7,5—7)	Анизотр.	1,7	1,751—1,761	1,745—1,753	1,739—1,747	3,60—3,83	Совершенная по {010}	Стеклянный
7 (7,5—7)	»	1,6	1,661—1,635		1,632—1,610	3,02—3,15	Весьма несовершенная	То же
7 (7—6,5)	»	1,6	1,705—1,712	1,692—1,697	1,676—1,635	3,47—3,50		»
7 (7—6)	»	1,6	1,704—1,684	1,701—1,681	1,693—1,674	3,26—3,35	Средняя по {010}	»
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	»
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	»
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	»	»

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Бесцветный, желтый, золотисто-желтый	Инертен	0,023	449, 578		Ставролит, FeAl ₄ (OH) ₂ [SiO ₄] ₂ , мон. с.
Сильный	Инертен, редко желтый (254 нм)	0,017		ГЖВ	Дравит, NaMg ₃ Al ₆ Si ₆ B ₃ O ₂₇ × (OH) ₄ , триг. с.
Бледно-коричневый, зеленовато-коричневый, темно-коричневый	Инертен		452, 463, 493		Синхалит, MgAl[BO ₄], ромб. с.
Коричневый, фиолетовый, синий желтый или бесцветный	Инертен, красный, оранжево-красный	Большая	415, 444, 466, 492, 512, 532		Аксинит, Ca ₂ FeAl ₂ (OH) × [BO ₃][Si ₄ O ₁₂], трикл. с.
	Инертен	0,013		ГЖВ, прямолинейная зональность окраски	Дымчатый кварц, SiO ₂ , триг. с.
	»	0,013		ГЖВ	Дымчатый кварц, SiO ₂ , триг. с., синт.
	»	0,013		Биотит, флогопит, ГЖВ	Авантюриц, SiO ₂ , триг. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7—6,5)	Анизотр.	1,5	1,526—1,535		1,539—1,542	2,57—2,64		Стеклянный
7 (7—6,5)	»	1,5	1,526—1,535		1,539—1,542	2,57—2,64		То же
6 (6—5)	»	1,8	2,110—1,943	2,0—1,870	1,905—1,843	3,29—3,56	Ясная или несовершенная по {110}	Алмазный, жирный
6 (6—5)	»	1,6	1,680—1,658	1,671—1,653	1,665—1,650	3,0—3,30	Средняя по {110}	Стеклянный
6	»	1,6	1,653—1,700	1,635—1,678	1,622—1,655	3,16		То же
6 (6—5,5)	»	1,5	1,547—1,526		1,542—1,526	2,55—2,66	Несовершенная по {0001} и {10 $\bar{1}$ 0}	»
6 (6—5)	»	1,5	1,598—1,616	1,605—1,608	1,578—1,594	3,11—3,15	Совершенная по {001}	Стеклянный, перламутровый

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен			Оксиды, гидроксиды Fe	Сардер, SiO ₂ , триг. с.
»	»			То же	Сердолик (карнеол), SiO ₂ , триг. с.
Оранжево-коричневый, коричневатожелтый, бледножелтый	»	0,051			Титанит (сфен), CaTi[SiO ₄]O, мон. с.
Бледнозеленый, красноватожелтый, красноватокоричневый	»	Слабая	555, 547, 509, 506, 502, 488, 483, 459, 449	Гематит, гетит	Энстатит, Mg ₂ [Si ₂ O ₆], ромб. с.
					Клиногумит, Mg ₃ [SiO ₄](OH), F ₆ , мон. с.
	Инертен, голубой, тусклый, оранжевый (365 нм)	Слабая		Иногда с эффектом кошачьего глаза	Нефелин (элеолит), KNa ₃ [AlSiO ₄], гекс. с.
Нет	Бледно-голубой, оранжевый, зеленый (254 нм), коричневый (365 нм)			Вуалеобразные трещины с включениями	Амблигонит, LiAl[PO ₄]F, трикл. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m (n)	n_p (n_e)			
5	Изотр.	1,4		1,54		2,65	Отсутствует	Стеклянный
5 (5,5—5)	»	1,4		1,44—1,77		2,00	То же	То же
5 (5—4,5)	Анизотр.	1,8	1,918—1,920		1,934—1,936	5,80—6,20	Усная по {111}	Алмазный, жирный, стеклянный
5	»	1,6	1,667—1,603		1,666—1,598	3,10—3,21	Несовершенная по {0001}	Стеклянный, жирный
4 (4—3,5)	Изотр.	1,8		2,36—2,47		3,50—4,20	Совершенная по {110}	Алмазный, жирный, металлический
4	»		1,432—1,434			3,00—3,2	Совершенная по {111}	Стеклянный
<i>1.11. Серые</i>								
7	Анизотр.	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	Стеклянный
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	То же	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен	0,010		Включения меди различной формы (гекс., триг. и др.), газовые пузырьки	Авантюриновое стекло, аморфное
»	Инертен, сиреневый, желтый	0,010	Зависит от состава примесей	Газовые пузырьки	Стекло, аморфное
	Голубовато-белый (253 нм)	0,038	584		Шеелит, Ca[WO ₄], тетр. с.
Слабый		0,013	Зависит от состава примесей		Апатит, Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl, OH), гекс. с.
Нет	Оранжево-красный, красный	0,156	651, 667, 690	Черта бурая, растворяется в HCl с выделением H ₂ S	Сфалерит, ZnS, куб. с.
»	Белый, желтый, розовый и др.	0,007	427, 445, 582, 610, 634	ГЖВ	Флюорит, CaF ₂ , куб. с.
<i>(черные)</i>					
	Инертен	0,013		ГЖВ	Морион, SiO ₂ , триг. с.
	»	0,013		»	Дымчатый кварц, SiO ₂ , триг. с.

Важнейшие диагностические свойства							Спайность	Блеск
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³		
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i> (<i>n</i>)	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7	Анизотр.	1,5	1,544		1,553	2,65	Весьма несовершенная	Стекланный
7—6,5	»	1,5	1,526		1,539	2,57		То же
5,5—5	Изотр., иногда аномально анизотр.	1,4		1,44—1,77		2,00—4,50	Отсутствует	»

2. Непрозрачные и просвечивающие в тонких сколах

Важнейшие диагностические свойства							Спайность	Блеск
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³		
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7—6)	Анизотр.		1,652—1,667	1,645—(1,66)	1,640	3,25—3,36 (3,34)	Не набл.	Стекланный
7 (7—6,5)	»		1,526—1,535		1,533—1,544	2,57—2,64	Нет	Восковой, матовый
6 (6,5—5)	Изотр.			1,40—1,46		1,90—2,50	»	То же
6 (6,5—5)	»			1,42—1,47		1,99—2,50	»	Стекланный, перламутровый

2.1.

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм	Цвет люминесценции	Дисперсия	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Инертен	0,013		Эффект соколиного глаза	Соколиный глаз, SiO ₂ , триг. с.
»	»			Оксиды и гидроксиды Fe	Халцедон, SiO ₂ , триг. с.
	Инертен, сиреневый, желтый	0,010		Газовые пузырьки, свили	Стекло, аморфное

ивающие в тонких сколах

Дополнительные свойства					Название, формула сингония
Плеохроизм (ди-хроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Тусклый, белый	Белый			Жадит, NaAl[Si ₂ O ₆], мон. с.
»	Инертен	»		Чередование полос белого, серого и другого цвета	Агат, SiO ₂ , триг. с.
»		»		Прилипает к языку	Кахолонг, SiO ₂ · <i>n</i> H ₂ O, аморфный
»	Зеленоватый	»		Иногда просвечивает; опалесценция	Опал, SiO ₂ · <i>n</i> H ₂ O, аморфный

Белые

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6 (6,5—6)	Анизотр.		1,547—1,549	1,543—1,533	1,539—1,542	2,62—2,67	Совершенная по {001} и {010}	Стеклянный, перламутровый
6 (6,5—6)	»		1,522—1,539	1,522—1,533	1,518—1,529	2,55—2,63	То же	То же
5 (5—4,5)	»		1,631—1,653	1,628—1,650	1,616—1,640	2,80—3,09	Совершенная по {100}, средняя по {001}	Стеклянный, с перламутровым отливом
4 (4—3,5)	»		1,49		1,65	2,60—2,70	Нет	Тусклый, стеклянный
4 (4,5—2,5)		1,53—1,69				2,60—2,78		С перламутровым отливом
2—3	Изотр.			1,538—1,659		0,57—1,10	»	Матовый
2—1	Анизотр.	1,5	1,596—1,601	1,586—1,589 (1,6)	1,534—1,556	2,66—2,90	Совершенная по {001}	Перламутровый, тусклый, жирный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм (ди-хроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Слабый, голубой, оранжевый	Белый		Иризация в серо-голубых тонах	Беломорит, 90—70% Na[AlSi ₃ O ₈], 10—30% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈] трикл. с.
»	То же	»		Биотит, гематит, гетит, иризация в красно-коричневых тонах	Солнечный камень, K[AlSi ₃ O ₈], мон. с.
	Инертен, голубовато-зеленый, желтый				Воластонит, Ca ₃ [Si ₃ O ₉], трикл. с.
Нет	Бледнофиолетовый, тусклый красный			Зональный или сетчатый рисунок. Вскипает в HCl	Коралл, кальцит, Ca[CO ₃] и конхиолин, триг. с.
	Голубой, белый, зеленоватый, желтоватый			Призматические и пластинчатые слои. Вскипает в HCl	Жемчуг, арагонит Ca[CO ₃] и конхиолин
Нет	Белый, зеленый, голубой, желтый	Белый		Включения насекомых и растений	Янтарь, C ₁₀ H ₁₆ O ₄ , аморфный
»	Слабый кремовый	»			Агальматолит, Al ₂ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂ , мон. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		n	n_g (n_o)	n_m	n_p (n_e)			
9	Анизотр.	1,5	1,768—1,776		1,760—1,768	3,99—4,00	Весьма несовершенная	Стеклянный
7 (7—6)	»		1,652—1,667	1,645 (1,66)	1,640	3,25—3,36 (3,34)	Средняя по {110}, в скрытокристаллических агрегатах нет	То же
6 (6,5—5,5)	»	1,7		(1,73)		3,40—3,76	Несовершенная по {110}	»
4	»	1,8	1,92	1,86	1,85	3,69	Совершенная по {100}, несовершенная по {010}	Тусклый атласный
4 (4—3,5)	»		1,49		1,65	2,60—2,70	Нет	Тусклый стеклянный
4 (4—3,5)	»		1,49		1,65	2,60—2,70	»	То же

2.2.

Дополнительные свойства					Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	Название, формула, сингония
Плеохроизм (дихроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм			
В красных тонах	Красный	Белый			Астеризм. Гекс. зональность окраски	Корунд звездчатый, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Нет	Тусклый белый	»				Жадент, NaAl[Si ₂ O ₆], мон. с.
Слабый желтовато-красный, темнорозовый	Тусклый красный	»	408, 412, 455, 503, 548		Дендриты оксидов Mn	Родонит, (Mn, Ca) ₈ [Si ₅ O ₁₅], трикл. с.
Серый, темно-красный, пурпурный	Нет	Пурпурно-красный				Пурпурит, Mn[PO ₄], ромб. с.
Нет	Бледно-фиолетовый, тусклый красный				Зональный или сетчатый рисунок. Вскипает в HCl	Коралл, кальцит Ca[CO ₃] и конхиолин
»					Вскипает в HCl, отсутствует сетчатый рисунок	Коралл, синт., CaCO ₃

Красные

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
2.3.								
9	Анизотр.	1,7	1,768—1,776		1,760—1,768	3,09—4,00	Весьма несовершенная	Стекланный
6 (6,5—5,5)	»	1,7		1,73		3,40—3,76	Несовершенная по {110}	То же
4	»	1,8	1,920	1,860	1,850	3,69	Совершенная	Тусклый шелковистый
4 (4,5—3,5)	»		1,786—1,840		1,578—1,695	3,40—3,70	Совершенная по {1011}	Стекланный
4 (4,5—3,5)	»		1,49		1,65	2,60	Нет	Тусклый стекланный
4 (4,5—2,5)				1,53—1,69		2,60—2,78		С перламутровым отливом
2.4.								
6 (6—5,5)	Анизотр.			(1,62)		2,90—3,02	Нет	Стекланный до жирного

Дополнительные свойства						Название, формула, сингония
Плеохроизм (дихроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности		
<i>Розовые</i>						
Слабый	Красный	Белый		Астеризм, гекс. зональность окраски		Корунд звездчатый, Al ₂ O ₃ , триг. с.
Слабый желтоватокрасный, темно-розовый	Тусклый красный	»	408, 412, 455, 503, 548	Дендриты оксидов Mn		Родонит, (Mn, Ca) ₅ [Si ₅ O ₁₅], трикл. с.
Розовокрасный, красный, пурпурный	Нет	Пурпурно-красный				Пурпурит, Mn[PO ₄], ромб. с.
В розовых тонах	Розовый (365 нм), красный, фиолетовый (254 нм)	Белый	410, 535, 551, 565	Вскипает в горячей HCl		Родохрозит, Mn[CO ₃], триг. с.
Нет			491	Зональный или сетчатый рисунок. Вскипает в HCl		Коралл, кальцит Ca[CO ₃] и конхиолин
	Голубой, белый, зеленоватый, желтоватый, розовый			Призматические и пластинчатые слои. Вскипает в HCl		Жемчуг, арагонит Ca[CO ₃] и конхиолин
<i>Желтые</i>						
Сильный, маскируется волокнистой структурой	Нет		414, 460, 490, 498, 510, 689, 665, 696	Хромит, глинистые минералы		Нефрит, Ca ₂ (Mg, Fe) ₅ X × [Si ₄ O ₁₁] ₂ (OH) ₂ , мон. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
2—3	Изотр., аномально анизотр.			1,538—1,659		0,97—1,12	Нет	Матовый
2.5. 3e								
7 (7—6)	Анизотр.		1,652—1,667	1,645 (1,66)	1,640	3,25—3,50 (3,34)	Не наблюда.	Стеклянный
7 (7—6,5)		1,5	1,526—1,535		1,539—1,544	2,57—2,64	Нет	Матовый стеклянный
7 (7—6,5)		1,5	1,526—1,535		1,539—1,544	2,57—2,64	»	Восковой, матовый, стеклянный
7 (7—6,5)		1,5	1,526—1,535		1,539—1,544	2,57—2,64	»	Восковой, матовый
6 (6,5—5)	Изотр.			1,42—1,47		1,90—2,50	»	Стеклянный, перламутровый
6 (6,5—6)	Анизотр.	1,5	1,521—1,539	1,518—1,533	1,514—1,539	2,54—2,63	Хорошая по {001} и {110}	То же
4 (4,5—3,5)	»		1,509	1,875 (1,85)	1,655	3,60—4,60	Средняя по {001}	Стеклянный, шелковистый, матовый
4 (4,5—3,5)	»							

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм (дихроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Нет	Белый, желтый, голубой, зеленый	Белый		Включения насекомых, растений	Янтарь, (C ₁₀ H ₁₆ O ₄ — сукцинит), аморфный
леные					
Нет	Тусклый белый				Жадит, NaAl[Si ₂ O ₆], мон. с.
»	Нет			Гематит	Гелиотроп, SiO ₂ , триг. с.
»	Инертен, желтоватый			Селадонит	Плазма, SiO ₂ , триг. с.
»	Инертен			Актинолит	Празем, SiO ₂ , триг. с.
»		Белый		Просвечивающий до непрозрачного	Празопал, SiO ₂ ·nH ₂ O, аморфный
	Инертен, желто-зеленый	»		Пертиты распада	Амазонит, K[AlSi ₃ O ₈], трикл. с.
Темно-зеленый, желто-зеленый, бесцветный	Инертен	Бледно-зеленый		Вскипает в теплой HCl	Малахит, Cu ₂ [CO ₃](OH) ₂ , мон. с.
		То же			Малахит, Cu ₂ [CO ₃](OH) ₂ , мон. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Слай-ность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
4 (4,5—3,5)	Анизотр.		1,594	1,583 (1,56)	1,563	2,20— 2,57		Сте- лянный, воско- вой
3 (3,5—2,5)	»	1,5	1,545— 1,571	1,566— 1,570	1,532— 1,569	2,44— 2,70	Совер- шенная по {001}, менее совер- шенная по {010}	Смоли- стый, жирный, воско- вой земли- стый, мато- вый
2.6. Го								
6—5	Изотр.			1,50		2,38— 2,45 (2,70— 2,90 с пири- том)	Несовер- шенная по {110}	Сте- лянный, жирный
6—5	Анизотр.	1,6		(1,6)		2,7—2,8		Мато- вый, воско- вой
6—5	»	1,6	1,65	1,62 (1,62)	1,61	2,40— 2,85 (2,84)	Не наблюд.	Сте- лянный (кри- сталлы), воско- вой, туск- лый, земли- стый
6—5	»	1,6					Нет	Воско- вой

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плео- хризм (ди- хроизм)	Цвет люминес- ценции	Цвет черты	Линии абсорб- ции, нм	Включения, псевдохромати- ческие эффекты и другие особенности	
	Тусклый зеленый, белова- то-зеле- ный		650, 688		Варисцит, Al[PO ₄].2H ₂ O, ромб. с.
	Тусклый зелено- вато-бе- лый, инертен	Белый	464, 462 (бове- кит)		Серпентин, Mg ₆ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈ , мон. с.
лубые					
Нет	Оран- жевый, пятни- стый, тусклый розовый	Голубой		Пирит, каль- цит, полевые шпаты. Раст- воряется в HCl с вы- делением H ₂ S	Лазурит, Na ₃ Ca[AlSi ₄ O ₁₃] ₅ , куб. с.
		Белый			Церулеит, CuAl ₄ (OH) ₈ [AsO ₄] ₂ × 4H ₂ O, трикл. с.
Слабый, бесцвет- ный, бледно- голубой, бледно- зеленый	Инер- тен, зелено- вато-бе- лый, голубой	»	422, 432, 460		Бирюза, CuAl ₆ [PO ₄] ₄ (OH) ₈ × 4H ₂ O, трикл. с.
Слабый, бесцвет- ный, бледно- зеленый, бледно- голубой		»			Бирюза, CuAl ₆ [PO ₄] ₄ (OH) ₈ × 4H ₂ O, трикл. с., синт.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
6—5	Анизотр.	1,6	1,637—1,673	1,633—1,663	1,604—1,635	3,08	Несовершенная по {110} и {101}	Стеклянный
4—2	»	1,5	1,598—1,635	1,597	1,575—1,585	2,00—2,30	Нет	Стеклянный, восковой, матовый
2—1,5	»		1,628—1,675	1,602—1,656	1,579—1,616	2,64—2,68	Весьма несовершенная по {010}	Стеклянный, перламутровый
2.7.								
8,5—7	Анизотр.	1,7	1,723	1,722	1,686	3,41	Средняя по {100}, несовершенная по {110}	Стеклянный, тусклый
6 (6—5)	Изотр.			1,50		2,38—2,45	Несовершенная по {110}	Стеклянный, жирный
6 (6—5,5)	Изотр.			1,483—1,487		2,14—2,40	Ясная по {110}	То же
6—5	Анизотр.	1,6	1,637—1,673	1,633—1,663	1,604—1,635	3,08	Несовершенная по {110} и {101}	Стеклянный

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм (дихроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Голубой, бесцветный	Инертен	Белый	409, 432, 833		Лазулит, Mg ₂ Al ₂ (OH) ₂ [PO ₄], мон. с.
	»	Зеленовато-белый		Малахит, бирюза	Хризокolla, Cu[SiO ₃]·2H ₂ O, гель или мон. с.
Светлосиний, голубовато-зеленый, светлый, желтовато-зеленый	»	Бесцветный, голубовато-белый, синий			Одонтолит
Синие					
Синий, бесцветный	Голубой, голубовато-белый				Дюмортьерит, Al ₇ O ₃ [BO ₃][SiO ₄] ₃ , ромб. с.
Нет	Оранжевый, пятнистый, тусклый розовый	Голубой		Пирит, кальцит, полевые шпаты	Лазурит, Na ₃ Ca[AlSiO ₄] ₃ S, куб. с.
	Оранжево-красный, фиолетовый, тусклый, розовый	Белый			Содалит, Na ₄ [AlSiO ₄] ₃ Cl, куб. с.
Синий, голубой, бесцветный	Инертен	»	409, 432, 833		Лазулит, Mg ₂ Al ₂ (OH) ₂ [PO ₄], мон. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
4,5	Изотр.					2,33—2,53		Стекланный
2.8. Фио								
6—5	Анизотр.		1,559	1,553	1,550	2,54	Средняя	Стекланный с шелковистым отливом
2.9. Кор								
9	Анизотр.	1,7	1,768—1,776		1,760—1,768	3,99—4,00	Весьма несовершенная	Стекланный
8,5	»	1,7	1,753—1,770	1,747—1,764	1,744—1,759	3,50—3,84	Несовершенная по {001} и {010}	В желтых и коричневых тонах
7	»	1,5	1,544		1,553	2,65	Нет	Стекланный с шелковистым отливом
2.10. Серые								
10	Изотр., аномально анизотр.	1,8		2,417		3,51 (иногда ниже)	Совершенная по {111}	Алмазный
9	Анизотр.	1,7	1,768—1,776		1,760—1,768	3,99—4,00	Весьма несовершенная	Стекланный
7 (7—6,5)	»		1,652—1,667	1,645 (1,66)	1,640	3,25—3,36 (3,34)	Не наблюда.	То же

Дополнительные свойства					Название, формула, сингония
Плеохроизм (диохроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм	Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	
Синий, голубой, бесцветный		Синий		Белые, желтые непрозрачные включения	Лазурит, аморфный, синт.
летовые					
Бесцветный, розовый					Чароит, $K_2NaCa_5[Si_4O_{10}]F \times 3H_2O$, мон. с.
ичневые					
	Инертен	Белый		Астеризм, гекс. зональность окраски	Корунд звездчатый, Al_2O_3 , триг. с.
			444	Эффект кошачьего глаза	Хризоберилл (цимофан), $BeAl_2O_4$, ромб. с.
				Тонковолокнистый крокидолит, замещаемый кварцем и гидроксидами Fe	Тигровый глаз (кварц), SiO_2 , с включениями
(черные)					
				Гранаты, хромдиоксид, графит и др.	Алмаз, С, куб. с.
Инертен		Белый		Астеризм, гекс. зональность окраски	Корунд звездчатый, Al_2O_3 , триг. с.
Нет	Инертен, тусклый белый				Жадит, $NaAl[Si_2O_6]$, мон. с.

Важнейшие диагностические свойства								
Твердость	Оптический характер	Показатели преломления				Плотность, г/см ³	Спайность	Блеск
		<i>n</i>	<i>n_g</i> (<i>n_o</i>)	<i>n_m</i>	<i>n_p</i> (<i>n_e</i>)			
7 (7—6,5)	Анизотр.		1,544		1,553	2,65	Нет	Матовый, восковой
7 (7—6,5)	»		1,544		1,553	2,65	»	То же
6 (6,5—5)	Изотр.			1,42—1,47		1,99—2,50	»	Стекланный, перламутровый
6 (6,5—6)	Анизотр.		3,22		2,94	4,90—5,30	»	Металлический, полуметаллический, тусклый
6 (6—5)	»		1,680—1,658	1,671—1,653	1,665—1,650	3,10—3,30	Совершенная по {110}	Стекланный
6 (6,5—6)	»		1,568—1,572	1,563	1,560	2,69—2,72	Совершенная по {001} и {010}	Стекланный, жирный, перламутровый
4—3,5				1,56		1,34	Нет	Тусклый, стекланный
4—2,5	Изотр.			1,66		1,30—1,35	»	То же

Дополнительные свойства					Включения, псевдохроматические эффекты и другие особенности	Название, формула, сингония
Плеохроизм (дихроизм)	Цвет люминесценции	Цвет черты	Линии абсорбции, нм			
Нет	Инертен	Белый			Хлорит	Халцедон, SiO ₂ , триг. с.
»	»	»				Черный агат, SiO ₂ , триг. с.
»		»			Опалесценция	Опал, SiO ₂ · <i>n</i> H ₂ O, аморфный
	Инертен	Вишнево-красный, бурокрасный				Гематит, Fe ₂ O ₃ , триг. с.
	»	Белый	506, 547,5		Астеризм	Энстатит звездчатый, Mg ₂ [Si ₂ O ₆], ромб. с.
Нет	»	»			Иризация	Лабрадор, 50—70% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈] и 50—30% Na[AlSi ₃ O ₈], трикл. с.
					Зональный или сетчатый рисунок. Вскипает в HCl	Коралл черный, конхиолин и кальцит Ca[CO ₃]
Нет					При испытании горячей иглой появляется запах горящего угля	Гагат (ископаемый уголь), C, аморфный

1. *Балицкий В. С., Лисицына Е. Е.* Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., Недра, 1981.
2. *Барсанов Г. П., Яковлева М. Е.* Минералогия яшм СССР. М., Наука, 1978.
3. *Барсанов Г. П., Яковлева М. Е.* Минералогическое исследование некоторых поделочных и полудрагоценных разновидностей скрытокристаллического кремнезема. Новые данные о минералах, вып. 29. М., Наука, 1981.
4. *Бершов Л. В.* Экспериментальные исследования радиационных электроннодырочных центров в минералах. Автореф. докт. дисс. М., 1972 (ИГЕМ АН СССР).
5. *Бокий Г. Б., Порай-Кошиц М. А.* Практический курс рентгеноструктурного анализа. М., Изд-во МГУ, 1951.
6. *Вертушков Г. Н., Авдонин В. Н.* Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. М., Недра, 1980.
7. *Винчелл А., Винчелл Г.* Оптические свойства искусственных минералов. М., Мир, 1967.
8. *Горобец Б. С.* Спектры люминесценции минералов. М., 1981 (ВИМС).
9. *Гранадчикова Б. Г.* Методика диагностики спектроскопическим методом обработанных ювелирных камней. — В кн.: Труды ВНИИювелирпром. Л., 1981.
10. *Григорьев Д. П.* Блеск минералов. — Природа, 1948, № 9.
11. *Денискина Н. Д., Калинин Д. В., Казанцева Л. К.* Благородные опалы, их синтез и генезис в природе. Наука, Новосибирск, 1980.
12. *Гранадчикова Б. Г., Андреевко Э. Д., Солодова Ю. П.* и др. Диагностика природных и синтетических изумрудов. — Изв. высш. учеб. завед., сер. Геология и разведка, 1983, № 10, с. 87—93.
13. *Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н.* Геология месторождений поделочных камней. М., Недра, 1983.
14. *Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П.* Геология месторождений драгоценных камней. М., Недра, 1984.
15. *Кораго А. А.* Речной жемчуг. Л., Недра, 1981.
16. *Корнилов Н. И., Солодова Ю. П.* Ювелирные камни. М., Наука, 1982.
17. *Костов И. Н.* Кристаллография. М., Мир, 1965.
18. *Кузьмин В. И., Добровольская Н. В., Солнцева Л. С.* Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. М., Недра, 1979.
19. *Лазаренко Е. К., Винар О. М.* Минералогичный словарь. Киев, Наукова думка, 1975.
20. *Марфунин А. С.* Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах. М., Недра, 1975.
21. *Менчинская Т. И.* Бирюза. М., Недра, 1981.
22. *Минералогические таблицы/Е. И. Семенов, О. Е. Юшко-Захарова, И. Е. Максимюк и др.* М., Недра, 1981.
23. *Минералогия гидротермальных месторождений бериллия.* Под ред. А. И. Гинзбурга. М., Недра, 1976.
24. *Минералогия и генезис камерных пегматитов Вольни/Е. К. Лазаренко, В. И. Павлишин, В. Т. Латыш и др.* Львов, Вища школа, 1973.
25. *Минералогия и кристаллофизика ювелирных разновидностей кремнезема/В. Г. Балакирев, Е. Я. Киевленко, Л. В. Никольская и др.* М., Недра, 1979.
26. *Минералы.* Справочник Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1960.
27. *Митчелл Р. С.* Названия минералов. Что они означают? М., Мир, 1982.
28. *Орлов Ю. Л.* Минералогия алмаза. М., Наука, 1973.
29. *Петров В. П.* Рассказы о поделочном камне. М., Наука, 1982.
30. *Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С.* Природа окраски самоцветов. М., Недра, 1984.

31. Поваренных А. С. Твердость минералов. Киев. Изд-во АН УССР, 1963.
32. Руководство по диагностике ювелирных камней/Ю. П. Солодова, Б. Г. Гранадчикова, Э. Д. Андреенко, Н. И. Корнилов. М., Финансы и статистика, 1981.
33. Савкевич С. С. Янтарь. Л., Недра, 1970.
34. Самсонов Я. П., Цветков Ю. Г. Мировой рынок цветных камней. Экономика минер. сырья и геол.-разв. работ. М., 1982 (ВИЭМС).
35. Современные методы минералогического исследования. Т. 1 и 2. М., Недра, 1969.
36. Таращан А. Н. Люминесценция минералов. Киев, Наукова думка, 1978.
37. Трофимов В. С. Янтарь. М., Недра, 1974.
38. Фекличев В. Г. Диагностические спектры минералов. М., Недра, 1977.
39. Фекличев В. Г. Берилл. М., Наука, 1964.
40. Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни СССР. — Избр. тр., т. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962
41. Штрунц Х. Минералогические таблицы. М., Госгеолтехиздат, 1962.
42. Anderson V. W. Gem Testing. London, 1971.
43. Aram J. E. Colour Encyclopedia of gemstones. New-York, 1977.
44. Fleischer M. Glossary of Mineral Species, 1950, Glossary Mineralogical Record, P. O. Box 35565, Tucson Arizona 85740 USA.
45. Gubelin E. Internal World of gemstones. ABC. Zurich, 1974.
46. Liddicoat Handbook of gem identification. USA, 1962.
47. Read P. G. Beginner's Guide to Gemmology. London, 1980.
48. Schlossmacher K. Edelsteine und Schmucksteine. Munchen, 1978.
49. Schumann W. Edelsteine und Schmucksteine. Munchen, 1978.
50. Webster R. Gems. Their sources, Descriptions and Identification. London — Boston, 1975.

УКАЗАТЕЛЬ ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ

- Авантюрин 38, 175, 195
Авантюриновый полевой шпат 93
Агальматолит 85, 203
Агат 41, 201, 217
Адуляр 92, 137
Азурит 100, 189
Аквамарин 70, 181
Аквамарин-максикс 70
Аксинит 95, 161, 183, 195
Актинолит 83
Александрит 46, 169
Александрит синт. 122, 169
Алмаз 25, 133, 145, 157, 167, 179,
185, 189, 193, 215
Алмаз синт. 118
Альбит 91
Альмандин 51, 141, 189
Алюминат иттрия 125
Амазонит 93, 209
Амблигонит 197
Аметист 37, 191
Аметист синт. 38, 121
Андалузит 61, 175
Андрадит 55
Аниолит 67
Апатит 102, 139, 151, 165, 179, 185,
191, 199
Апофиллит 139, 151, 165, 179
Ахрит 72, 135
Аширит 76
- Бастард 108
Беккерит 107
Беломорит 91, 203
Бенитонт 76, 187
Берилл 67, 171
Биксбиит 71
Бирмит 110
Бирюза 105, 211
Бирюза синт. 123, 211
Бовенит 84
Бразилианит 104, 165
Бромеллит 118
Бургерит 76
- Варисцит 104
Везувиан 65, 175
Верделит 73, 173
Вильямсит 84
Вилонит 65
Волластонит 81, 203
Воробьевит 71, 147
- Гагат 110, 217
Гадолиний-галлиевый гранат 122
- Галаксит 31
Гамбергит 137
Ганит 31
Ганошинель 31
Гаюин 88, 183
ГГГ 122, 135, 141, 171
Геданит 107
Геденбергит 78
Гексагонит 83, 149
Гелиодор 71, 153
Гелиолит 92
Гелиотроп 41, 209
Гематит 30, 217
Гемморфит 64, 139, 179, 185
Гердерит 103
Герцинит 31
Гессонит 55, 155, 193
Гешенит 67
Гиацинт 49, 143
Гидденит 80, 173
Гидрогроссуляр 56
Гиперстен 77
Главколит 96
Горный хрусталь 36, 137
Горный хрусталь синт. 122, 137
Гошенит 72, 135
Гранаты 50
Гроссуляр 55, 173
Гумит 63
- Данбурит 64, 135, 149, 159
Датолит 94, 139, 165, 179
Демантоид 55, 171
Диопсид 78, 177
Диоптаз 76, 177
Дистен 60, 183
Дихроит 72, 187, 191
Дравит 75, 195
Дюмортьерит 64, 193, 213
- Еремеевит 98, 185
- Жад-альбит 91
Жад гранатовый 56
Жад орегонский 40
Жад трансваальский 56
Жадент 80, 175, 201, 205, 209, 215
Жемчуг 111, 112, 203, 207
Жемчуг культивированный 113
- Змеевик 85
- ИАГ 122, 133, 141, 147, 153, 159,
169, 189
Идокраз 65, 175

Изумруд 68, 171
Изумруд синт. 122, 171
Индиголит 73, 187
Иолит 72, 187, 191
Иттрий-алюминиевый гранат 122

Каламин 64, 139, 179
Калифорнит 65
Каллаит 105
Канкринит 87, 163
Карнеол 40, 143, 155, 197
Касситерит 121
Қахолонг 44, 201
Кварц 34, 149, 175
Кварц синт. 121, 195
Кварц дымчатый 36, 195, 199
Кварц розовый 38, 149
Кианит 60, 183
Клиногумит 63, 163, 197
Копал 109
Коралл 114, 203, 205, 207, 217
Коралл синт. 126, 205
Кордиерит 72, 187, 191
Корнерупин 64, 175
Корунд 28
Корунд звездчатый 29, 205, 207
Корунд синт. 118
Кошачий глаз 46
Кремень 40
Кунцит 80, 149, 191

Лабрадор 91, 217
Лавровит 78
Лазулит 103, 213
Лазурит 89, 211, 213
Лазурит синт. 126, 213
Лейкогранат 55, 135
Лейкосапфир 28, 133
Лейкосапфир синт. 118, 133
Лиддикоатит 75
Лунный камень 92
Ляпис-лазурь 89

Малайя 55
Малахит 100, 209
Малахит синт. 123, 209
Мариолит 96
Мейонит 96
Меланит 55
Микроклин 93
Морганит 67, 147
Морион 37, 199
Мороксит 102
Мо-сит-сит 91
Мрамор Каннемара 85
Мторолит 40
Муассанит синт. 118, 133, 167

Нефелин 86, 143, 197
Нефрит 84, 205
Ниобат бария и натрия 126
Ниобат лития 125

Одонтолит 211
Окаменелое дерево 45
Оксид иттрия 121
Оливин 48, 161, 173
Оникс 42
Опал 42, 137, 155, 163, 183, 201
Опал благородный 43
Опал обыкновенный 44
Опал огненный 44, 143
Опал синт. 121
Орлец 82
Ортоклаз 92, 155
Офикальцит 85

Пагодит 85
Переливт 41
Перидот 47, 48
Периклаз 118
Перистерит 91
Пикотит 31
Пироп 50, 143
Пирофиллит 85
Плазма 90, 209
Плеонаст 31
Поллуцит 135
Празем 41, 209
Празиолит 39
Празопал 45, 209
Пурпурит 104, 205, 207

Ретинолит 84
Родицит 133
Родолит 51, 147
Родонит 82, 143, 205, 207
Родохрозит 98, 145, 151, 207
Розолит 55
Ростерит 72, 135
Рубеллит 73, 143, 149
Рубин 28, 139, 145
Рубин синт. 118, 141, 145
Рубицелл 31
Румынит 108
Рутил синт. 119

Сапфир 28, 153, 157, 167, 181, 185,
189, 193
Сапфир синт. 119, 153, 157, 167, 181,
187, 189, 193
Сапфирин 41
Сардер 40, 197
Сердолик 40, 143, 155, 197
Серпентин 84, 211
Сибирит 73, 143
Силлиманит 61, 183
Синхалит 97, 161, 195
Скаполит 96, 149, 163, 191
Смарагдит 78
Смитсонит 98, 151, 165, 179
Содалит 88, 187, 213
Соколиный глаз 39, 201
Солнечный камень 92, 203

Спектролит 92
Спессартин 54, 141, 147, 153
Сподумен 79, 137, 161
Сподумен синт. 123
Ставролит 62, 195
Стекло 137, 145, 151, 155, 163, 185,
187, 191, 199, 201
Сукцинит 107
Сфалерит 27, 157, 165, 199
Сфен 36, 58, 155, 177

Тааффент 46, 147
Танзанит 67, 175, 183, 191
Танталат лития 126
Тигровый глаз 38, 215
Титанат стронция 125
Титанит 58, 135, 147, 181, 193
Топаз 58, 135, 147, 181, 193
Топазолит 55, 159
Тремолит 82, 149, 177
Тсаворит 55, 173
Тугтупит 89, 145, 151
Тулит 67, 149
Турмалин 72

Уваровит 54, 171
Увит 75
Унакит 66

Фабулит 129
Фенакит 46, 133
Ферридравит 75
Ферриортотоклаз 92
Фианит 119, 133, 141, 147, 153, 159,
169, 189
Флоорит 28, 139, 151, 165, 179, 185,
193

Халцедон 39, 183, 201, 217
Хлоршпинель 31
Хондродит 63
Хризоберилл 46, 159, 215
Хризоколла 86, 213
Хризолит 48, 161, 173
Хризопраз 40, 175
Хромдиопсид 78, 177

Цейлонит 31
Целестин 101, 157, 167, 185
Церулеит 106, 211
Цимофан 46, 171, 215
Циркон 48, 135, 155, 159, 173, 181
Цитрин 36, 37, 155, 161
Цитрин синт. 121, 155, 161
Цоизит 66, 161, 175

Чароит 86, 215

Шеелит синт. 123, 137, 165
Шерл 75
Шорломит 55
Шпинель 31, 133, 141, 147, 153, 159,
169, 187, 189
Шпинель синт. 34, 119, 133, 141, 147,
153, 159, 169, 181, 187, 189

Эвдиалит 76, 143
Эвклаз 62, 135, 183
Элеолит 86, 143
Эльбант 74, 143, 149
Энстатит 77, 177, 197, 217
Эпидот 66, 173

Янтарь 107, 157, 167, 203, 209
Янтарь балтийский 108
Янтарь прессованный 110

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Сокращения и условные обозначения, используемые в Определителе	4
Введение	5
Методы диагностики ювелирных и поделочных камней	7
Определение механических свойств	7
Определение оптических свойств	9
Определение плотности	18
Исследование под микроскопом	20
Использование рентгеновских лучей	23
Ювелирные и поделочные камни	25
Камни неорганического происхождения (минералы)	25
Самородные элементы	25
Сульфиды	27
Галогениды	28
Оксиды	28
Силикаты	47
Бораты	97
Карбонаты	98
Сульфаты	101
Фосфаты, арсенаты	102
Камни органического происхождения	107
Синтетические ювелирные камни	114
Методы синтеза	115
Выращивание кристаллов из расплава	115
Выращивание кристаллов из раствора	116
Описание синтетических камней	118
Диагностика ювелирных и поделочных камней по физическим свойствам	127
Список литературы	218
Указатель ювелирных и поделочных камней	220

**Юлия Петровна Солодова,
Эльвира Дмитриевна Андреевко,
Бэлла Георгиевна Гранадчикова**

**ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ
ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ**

Редактор издательства *Л. М. Старикова*
Обложка художника *К. В. Голикова*
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*
Технические редакторы *Н. В. Жидкова, М. Е. Карева*
Корректор *Е. В. Мухина*
ИБ № 5321

Сдано в набор 16.10.84. Подписано в печать 14.02.85. Т-04780.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 1 и офсетн. мелов.
Гарнитура «Литературная». Печать высокая и офсетная. Усл.-
печ. л. 14,0+0,5 вкл. Усл. кр.-отт. 16,625. Уч.-изд. л. 13,62 +
0,58 вкл. Тираж 160 000 экз. Заказ № 350/9128-1. Цена 95 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном Комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

95 коп.

4440

3
103

НЕДРА