

А. Д. ПАВЛУШИН

САГА

О НЕСОСТОЯВШИХСЯ

БРИЛЛИАНТАХ



«Лучшие друзья девушек — это бриллианты...», — часто слышим мы песенку, которую напевала еще Мерилин Монро. И перед нами сразу всплывает картинка: ослепительные радужные искры света, вспыхивающие на идеальных гранях камня, оправленного в благородный металл... Доллары, помноженные на караты. Но жалкими останками некогда существовавшего кристалла-красавца представится великолепный бриллиант минералогу, видящему в алмазе совсем иную красоту и пользу. И красота эта недоступна зрителю в обычных условиях освещения, когда алмаз заслуженно сравнивают с невзрачными осколками стекла



Прекрасный алмаз рождается в невзрачном кимберлите



ПАВЛУШИН Антон Дмитриевич — кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией минералогии алмаза в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (Якутск). Сфера научных интересов — кристалломорфология, кристаллогенезис минералов



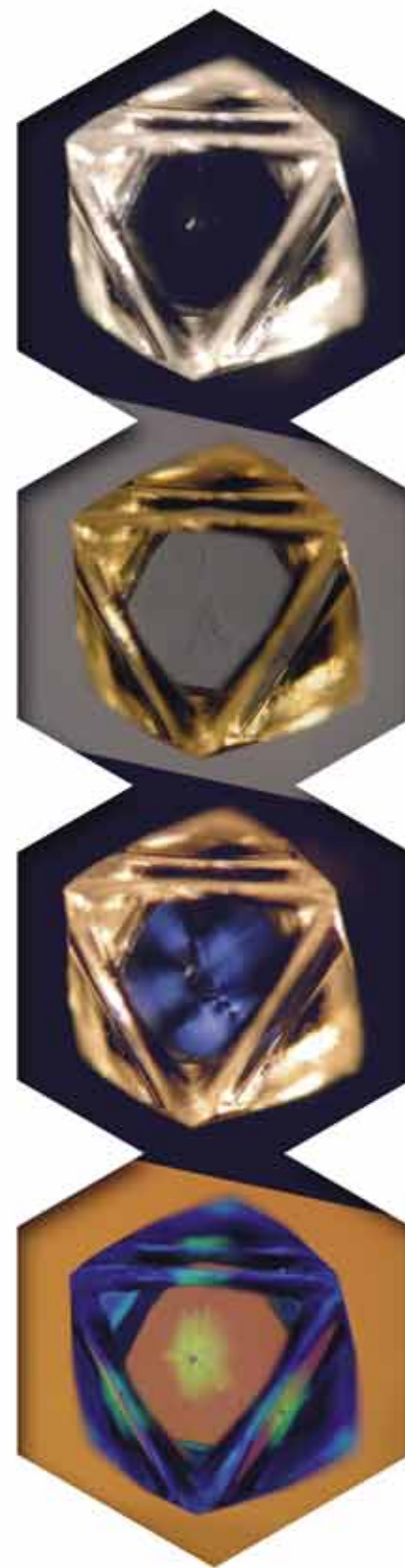
Не считая геологов врагами ювелирных украшений и тем более прекрасного вообще, признаем, что сам алмаз в ходе минералогического исследования может постигнуть незавидная участь. Возникает резонный вопрос: так ли уж необходимо использовать для подобных целей столь редкий и дорогой минерал? Ответ будет — да, стоит. Привлекательность алмаза для геолога определяется уже тем, что с его



помощью можно узнать много не только о строении Земли и составе слагающих ее горных пород, но и об эволюции в планетарном масштабе. Ведь, как ни странно, человечество много дальше заглянуло в космос, чем в глубь своей родной планеты — последнее можно сравнить, пожалуй, лишь с уколком иголки в кожуру огромного яблока.

Основными источниками алмазов являются *кимберлиты* — магматические породы, поднявшиеся из недр Земли и застывшие в ее коре. Канал их проникновения часто напоминает зауженную к низу трубу, из-за чего сложенные ими горные тела были названы кимберлитовыми трубками. Это своего рода сверхглубокие скважины с ценным содержимым, подаренные нам природой.

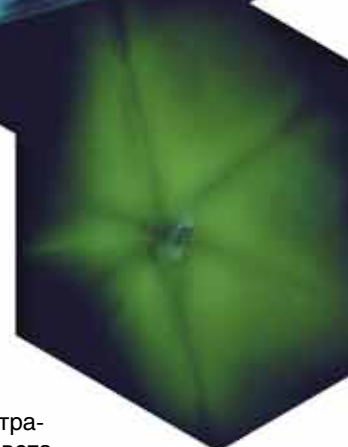
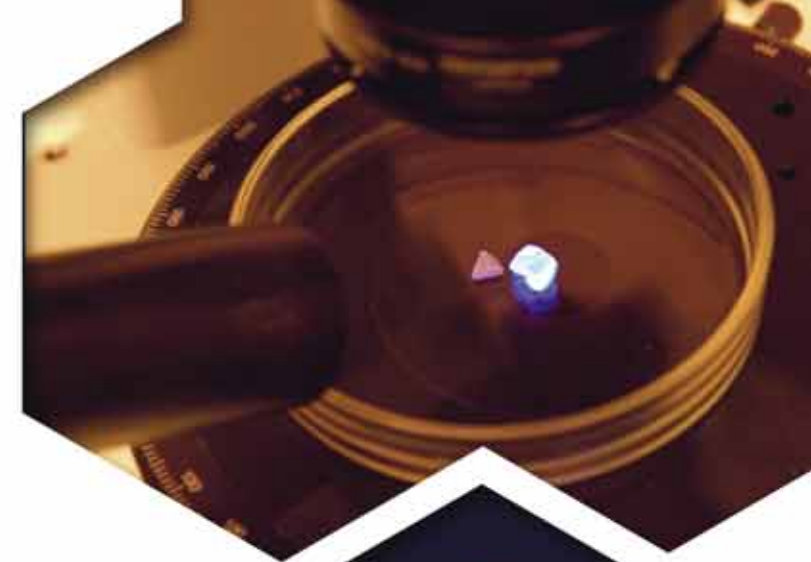
Октаэдрические кристаллы алмаза, снятые в различных режимах освещения

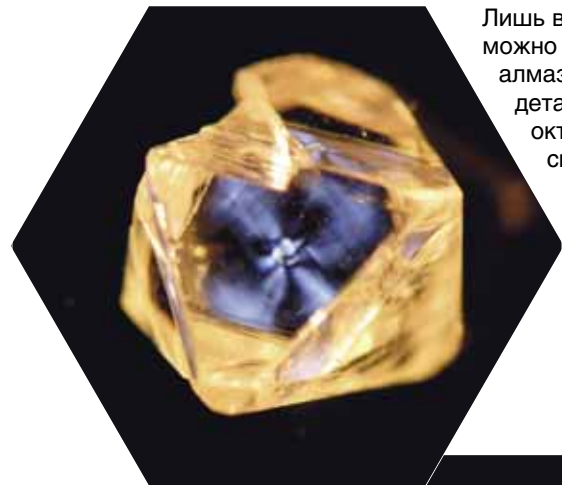


Октаэдрический кристалл алмаза в обычном, поляризованном свете и ультрафиолетовом свете

Алмазы образуются из углерода при температуре порядка 1000°C и более и при давлении около 40 кбар. Добытый из кимберлита кристалл алмаза хранит информацию о геологических событиях и процессах, происходивших в мантии Земли на глубинах 150–300 км, начиная с десятков миллионов лет назад. И основная цель современных исследований алмазов — расшифровка этих уникальных данных, заключенных в столь редком и прекрасном «носителе».

Шестилучевая звезда, засиявшая в алмазе под действием ультрафиолетового света, показала продвижение вершинок кристалла-октаэдра во время его роста





Лишь в поляризованном свете можно увидеть в центре этого алмазного кристалла тонкие детали строения — ядро октаэдрической формы, свидетельство смены условий роста кристалла

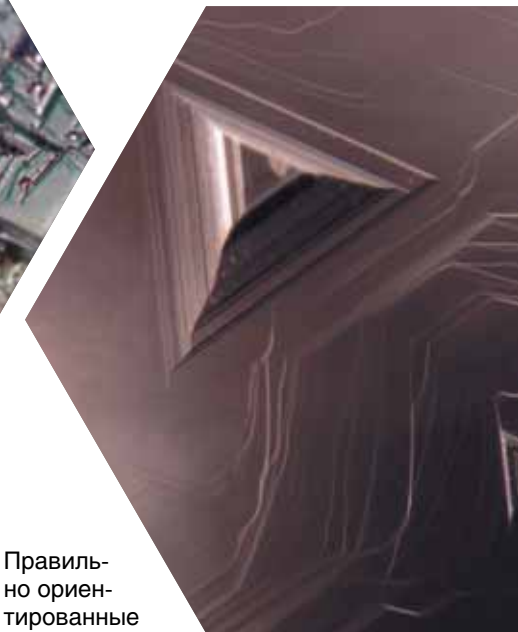
Изучение алмаза начинается с вполне безобидного способа — наблюдения под микроскопом. В этот момент определяется его ценность для дальнейшего исследования и алгоритм решения задач. В первую очередь определяется цвет, форма кристаллов или их сростков. Это могут быть многогранники — октаэдры, кубы, додекаэдры, а также гораздо более сложные округлые формы.

Чтобы изучить внутреннее строение кристалла, используют различные режимы освещения. Его рассматривают в обычном (дневном), отраженном, косом, проходящем, поляризованном свете... Картины меняются почти как в калейдоскопе, и мы видим все больше деталей, о которых раньше и не подозревали. С помощью методов оптической микроскопии мы можем прочесть в первом приближении судьбу кристалла алмаза: его юность, отрочество, старость... Говоря научным языком — его *онтогению*, связанную с ростом и разрушением, а часто — с растворением кристалла. И, между прочим, открывающаяся при таком исследовании неожиданная красота природного алмаза завораживает ничуть не меньше, чем иной совершенный бриллиант.

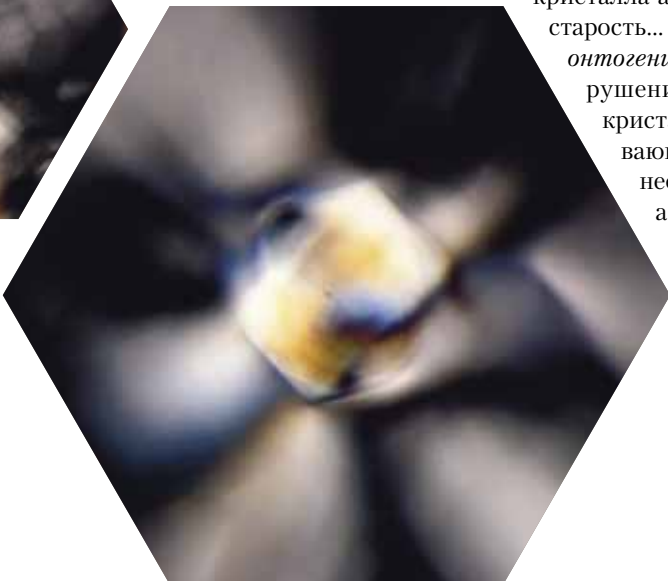
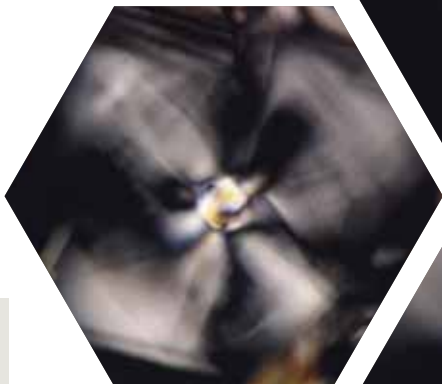
Свечение алмаза в ультрафиолетовом свете — довольно обычное явление. Получаемая при этом картина фотолюминесценции, невидимая при дневном свете, позволяет рассмотреть его внутреннюю анатомию. Дело в том, что на каждой стадии существования кристалла алмаза его форма определенным образом отражается в зонах и секторах роста его граней. Секторы и зоны в алмазе могут светиться любым цветом — от холодного синего до теплого красного и оранжевого. Зависимость цвета фотолюминесценции от состава и дефектов структуры алмаза до сих пор остается полностью не раскрытой. Более детально картину тонкой зональности кристалла можно рассмотреть на специальных ориентированных срезах и пластинках, вырезанных из алмазных кристаллов с помощью катодолуминесцентной приставки к электронному микроскопу. Затем поверхность препарата бомбардируется пучком электронов и фиксируется его свечение. Люминесценция алмазов может возбуждаться и рентгеновскими лучами: это свойство алмаза позволяет отбраковывать посторонние минералы еще во время добычи.

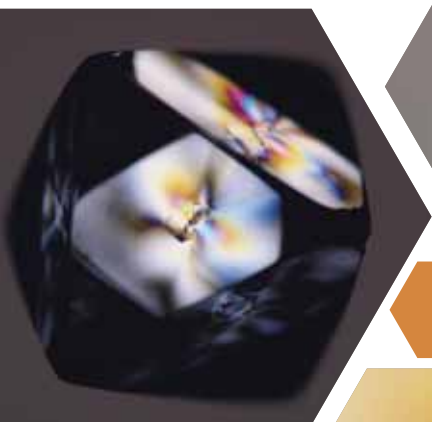
Микроморфологию алмаза — тонкую скульптуру его поверхности — изучают в отраженном свете. Посылая к грани алмаза луч света с известной длиной волны, можно получить картину интерференции в виде чередующихся радужных полос. По расстоянию между последними и измеряется разница в высотах рельефа. Для более детальных исследований поверхности используют электронную микроскопию. Рельеф на гранях кристалла может отражать и заключительный этап его роста, и так называемые постростовые процессы. Например — процессы растворения, которые могли протекать в мантии или при транспортировке кристалла в магматическом расплаве. Благодаря исключительно высокой твердости алмаза скульптура поверхности его кристаллов хорошо сохраняется в течение всех перипетий его жизни на поверхности Земли, связанных с переносом водными потоками. А этот период времени может охватывать сотни миллионов лет!

На поверхности алмаза отчетливо видны следы травления: в виде черепицы на додекаэдрических гранях и в виде тетрагональных ямок — на кубических гранях кристаллов



Правильно ориентированные тригональные пирамидки и распространяющиеся от них слои с как бы остановившимися своей бег ступенями являются формами роста октаэдрических граней алмаза





В кристаллах алмаза можно обнаружить включения различных минералов, которые для исследователей имеют значение не меньшее, чем сами алмазы. Минералы-включения могли образоваться одновременно с алмазом-хозяином. В этом случае их называют *сингенетичными*, они, как правило, отличаются сходством формы с формой кристалла-хозяина. Встречаются и включения, захваченные алмазом непосредственно из среды кристаллизации во время роста кристалла. Они являются более ранними образованиями по сравнению с самим алмазом. Реперами экстремально высоких температур и давлений во время образования алмаза служат включения высокоплотных кристаллических модификаций кремнезема — *стишовита* и *коэсита*. Эти минералы, сравнительно недавно обнаруженные в алмазе, сходны по составу с обычным кварцем SiO_2 .

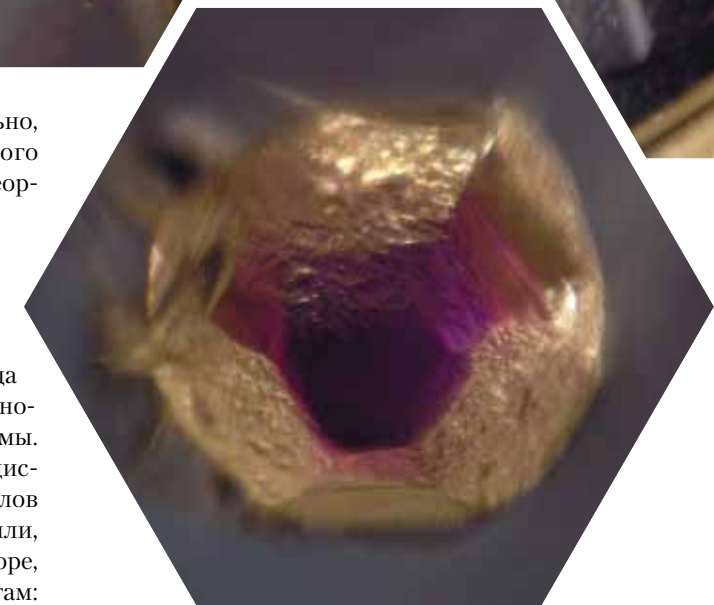
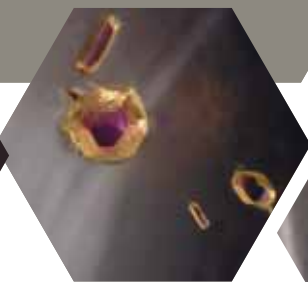
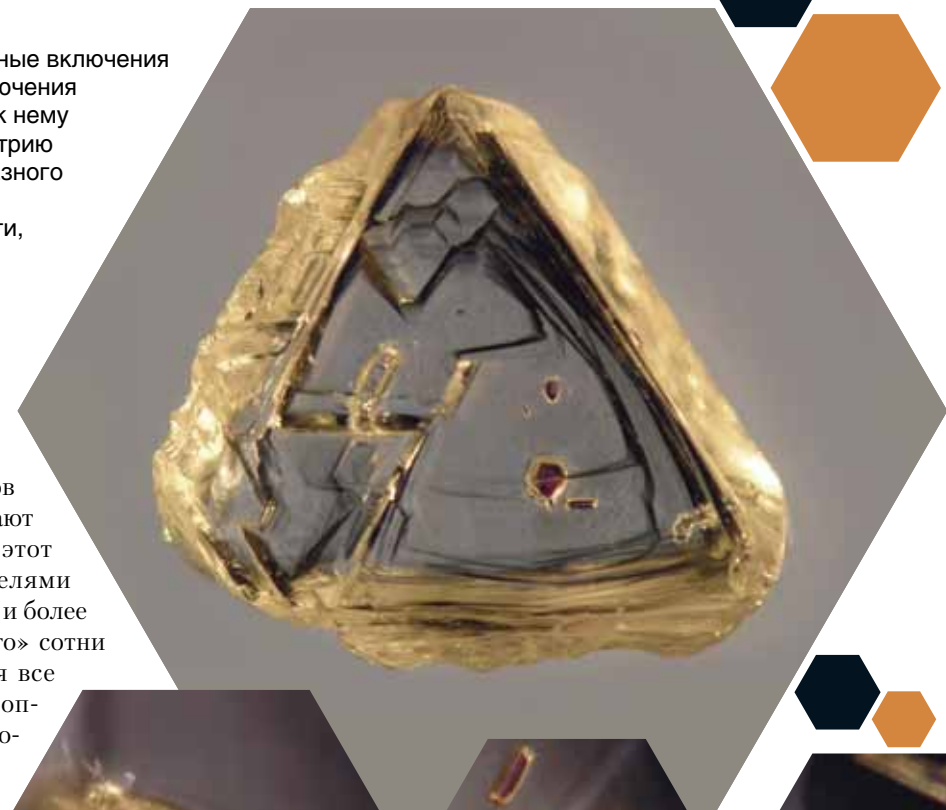
Изучение химического состава минералов-узников и их ассоциаций также дает много информации о некогда существовавших геологических, химических условиях и параметрах температуры и давления. В алмазах часто находят гранат, оливин, пироксен, графит, сульфиды, много других минералов и даже газопо- жидкостные включения. Включения извлекаются из алмаза путем раскалывания, шлифовки или распиловки его кристаллов. Один из лучших способов сохранить «узников» алмаза для исследования — это, как ни печально, сжечь сам алмаз, который легко сгорает в обычной атмосфере при температуре 850–1000 градусов. Золу, оставшуюся после сжигания алмаза, исследуют для определения его состава.

Кристалл алмаза, захваченный во время роста другим, более крупным алмазным индивидом. Фотографии в обычном, проходящем и поляризованном свете

Похожие на леденцы красные включения граната и бесцветные включения оливина в алмазе близки к нему по форме, отражая симметрию зон и секторов роста алмазного кристалла. Это является признаком сингенетичности, т. е. одновременности происхождения минералов-узников с минералом-хозяином

С использованием метода изотопного датирования был определен возраст сингенетичных включений минералов в алмазах. А следовательно, как считают многие, и самих алмазов. Возраст этот оценивается разными исследователями от 1,5 до 3,5 млрд лет. Обнаружены и более молодые алмазы — возрастом «всего» сотни миллионов лет. В последнее время все большее внимание уделяется изотопному составу углерода в алмазе — соотношению тяжелого (мантийного) изотопа C_{13} и легкого (корового) C_{12} . Обнаружение в алмазах легких изотопов, характерных для органических соединений, породило настоящий всплеск гипотез об источнике этих изотопов, вызвало дискуссии о миграции углерода в мантии и земной коре при перемещении материковых и океанических плит. На основании этих данных строятся планетарные модели дегазации ядра Земли в ходе ее эволюции. Как ни удивительно, они привлекаются даже при обсуждении спорного вопроса о происхождении — органическом или неорганическом — нефти и природного газа.

Здесь упомянута лишь малая часть результатов исследований алмазов: этой теме посвящены тысячи научных публикаций. И надо заметить, что с появлением каждого нового метода и на каждом новом этапе исследования, с каждым новым результатом появляются новые спорные дилеммы. Достаточно вспомнить длившуюся почти сто лет дискуссию о происхождении округлых форм кристаллов алмаза: является это результатом процесса роста или, напротив, процесса растворения? Точку в этом споре, похоже, удалось поставить новосибирским геологам: в ходе экспериментов по растворению алмаза было получено большинство его природных форм. Но это уже совсем другая история и тема для новой публикации.



В публикации использованы фотографии автора. На первой странице — фотографии В. Короткоручко