

КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БРАЗИЛЬСКИХ АЛМАЗОВ ПОЛЯ ЖУИНА

Макеев А.Б.¹, Щербаков В.Д.², Иванников П.³, Иванух В.⁴

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Makeev@geo.komisc.ru

²ВНИИГеолнеруд, Казань; ³МГУ, Москва, Россия;

⁴Сан-Пауловский университет, Сан-Пауло, Бразилия,

Для всестороннего исследования современными методами от Вольдемара Ивануха – профессора Сан-Пауловского университета была получена коллекция из 25 кристаллов алмазов, приобретенная у старателей, которые добыли их из россыпей и коренных трубок кимберлитового поля Жуина, штат Мато Гроссо, Бразилия. На приборной базе Института геологии Коми НЦ УрО РАН, физического факультета МГУ и ВНИИГеолнеруда проведены исследования коллекции алмазов из Бразилии [2, 3]. Изучены морфология, состав пленок и минеральных включений, фотолюминесценция, рентгенолюминесценция и катодолюминесценция алмазов. Исследование морфологии кристаллов, состава включений и пленок на алмазах проводилось на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400.

Все кристаллы алмазов коллекции были детально описаны под бинокляром, измерены и взвешены. Кристаллы имеют небольшие размеры от 1 до 5 мм, их вес варьирует в пределах от 6.2 до 78.3 мг, средний вес – 30.2 мг или 0.15 кар. Алмазы в основном относятся к техническим сортам. В коллекции присутствуют кристаллы пяти видов окрасок: водяно-прозрачные (6), бледно-желтые (8), желтые (6), серые (4) и один зеленый. Алмазы коллекции весьма не совершенные со сложной и разнообразной гранной скульптурой, много сколотых и обломанных. Среди них преобладают кристаллы кривогранной формы – 80 % и только 20 % приходятся на плоскогранные октаэдры (111) со сложной скульптурой. Большинство кривогранных кристаллов 56 % представлены тетрагексаэдроидами (24-гранниками), меньше октаэдроидов (20 %), у двоих осколков не удалось диагностировать габитус. В этом бразильская коллекция похожа на алмазы из уральских россыпей и коренных месторождений, приуроченных к краевым частям платформ алмазоносных провинций.

Внутри кристаллов наблюдаются черные непрозрачные и светлые включения, которые можно отнести соответственно к хромшпинелидам и силикатам. На поверхности кристаллов при увеличении в 100 раз диагностируются мозаичность, спупени на гранях, наличие вциналей, ямок травления, многочисленные отпечатки, трещины и сколы, двойниковые швы и пигментные пятна. Многие углубления и поверхность отпечатков, которые могли оставить на относительно крупных кристаллах более мелкие индивиды алмаза поздней генерации, покрыты тонкими пленками и налетами бурой глинистой массы. Был определен состав этих пленок и диагностированы, слагающие ее минералы, это была смесь каолинита и гематита.

Были получены электронно-микроскопические изображения общего вида всех кристаллов при увеличениях от $\times 20$ до $\times 55$. А также изображения деталей поверхности кристаллов при увеличениях до $\times 22000$ (всего 190 изображений алмазов). В результате проведенной работы было сделано два очень интересных наблюдения. Первое касается формы отпечатков на алмазах. На ряде снимков отчетливо видно [2], что отпечатки с индукционной штриховкой на плоскогранных гранях октаэдра были оставлены более мелкими алмазами кубооктаэдрического габитуса. Из этого наблюдения можно вывести фрагмент эволюции габитуса алмаза. За наиболее высокотемпературной габитусной формой алмаза октаэдром следует кубооктаэдр: (111) \rightarrow (111+100). При этом установлено эпитактическое нарастание граней куба на октаэдр. На многих кристаллах [2] отмечаются

множественные отпечатки, на одном алмазе до нескольких десятков отпечатков. Можно представить себе, что на одном из этапов роста кристаллов алмаза в мантии создаются термодинамические условия для благоприятного роста одновременно алмазов октаэдрического и кубооктаэдрического габитуса. Поэтому на крупные октаэдрические кристаллы алмазов нарастают мелкие кристаллы-паразиты кубооктаэдрического габитуса. Для этого случая, вполне вероятно, можно будет рассчитать нонвариантную термодинамическую точку с фиксированными Р-Т параметрами. В это время алмазы выглядели как ёжики. При снижении Р-Т параметров нарушились благоприятные условия для эпитаксии и большинство мелких алмазов паразитов самопроизвольно отделялось от крупных кристаллов, вероятно, из-за разных коэффициентов теплового расширения граней (111) и (100). На некоторых кристаллах часто наблюдается зарастание отпечатков, оставленных кубооктаэдрами. Очень редко на природных алмазах сохраняются мелкие кристаллы паразиты.

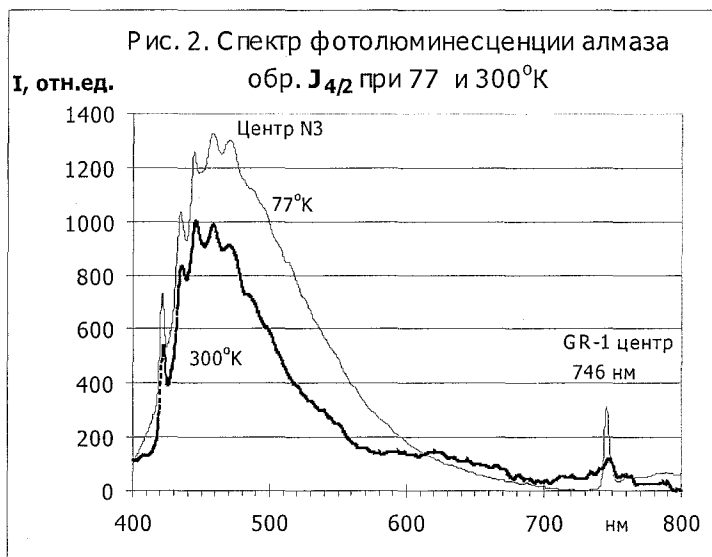
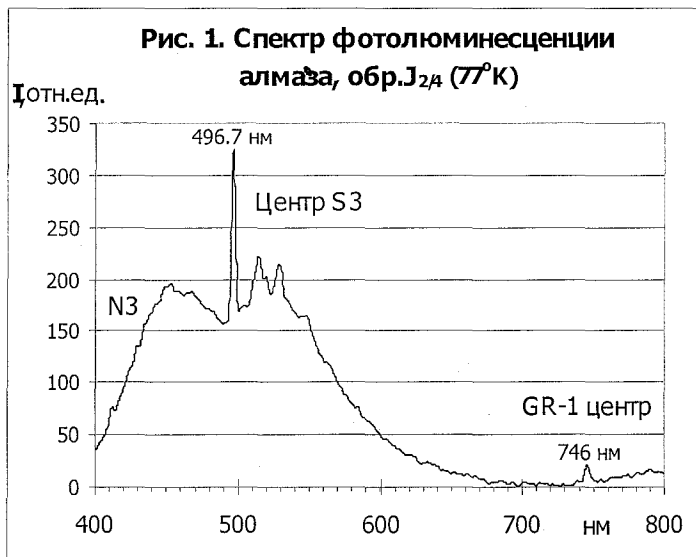
Вторым интересным наблюдением стало обнаружение доказательств того, что на плоскогранные алмазы нарастает последующая генерация алмаза гривогранного габитуса. Ранее это удавалось наблюдать на срезах алмаза с помощью катодоллюминесценции [1, 2]. В настоящей коллекции есть несколько кристаллов, на поверхности которых видно последовательное нарастание на грань октаэдра как будто “аморфной” фазы без четких кристаллографических поверхностей. На других кристаллах наблюдалось зарастание плоскогранных отпечатков от кубооктаэдров кривогранными габитусными формами: тетрагексаэдроидом (065) и октаэдроидом (365). Таким образом, можно продолжить эволюционный ряд габитусных форм алмазов, где при еще более низких параметрах среды в мантии после плоскогранных ростовых форм нарастают кривогранные: (111) → (111+100) → (065, 365). Таким образом, получены новые документальные доказательства того, что кривогранные габитусные формы (065, 365) являются формами роста, а не только растворения.

На гранях бразильских алмазов обнаружены фрагменты 26 видов тонких металлических пленок следующего состава: Au–Ag–Cu, Ag(Cl), Fe, Ni, Ti, Fe–Cr, Fe–Cr–Mo, Fe–Zn, Ni–Fe, Fe(Cd), Fe–Zn–Mg, Sn–Fe, Fe–Ni–Cu, Cr–Fe–Ni, Fe–Cu, Fe(Ni,Pt), Zn, Pb, Al, Cu, Cu₂Zn, Cu₃Zn₂, Cu–Zn–Sn, (Ce,La,Nd,Al,Ca)₂O₃, Zr–Yb, (Ce,Nd,La,Y)₂O₃. В составе природных сплавов изученной коллекции в самородном виде найдены 23 металла. Подчеркнуты одиннадцать новых видов, встреченные только в Бразилии [1–3]. Наиболее распространенным видом металлической пленки является интерметаллид Fe–Cr с 10–16 % Cr. Размеры выделений металлов не очень большие 3–40 мкм. Впервые (в 1999 г.) такие металлические пленки на кристаллах алмазов обнаружены нами [1] в коллекции среднетиманских алмазов проявления Ичетью.

Для всех кристаллов получены изображения цветной катодоллюминесценции. Под воздействием электронов алмазы светятся синим цветом (азотный центр N₃), часть из них обнаружила пятнистую окраску из желто-зеленых и красных пятен, которые декорируют выход на поверхность граней мантийных пластических деформаций. Выявлено, что наиболее поздние генерации алмаза, нарастающие на ранние, как правило имеют желто-зеленую катодоллюминесценцию.

Для установления типоморфных особенностей свечения бразильских алмазов изучена их фотоллюминесценция, получены спектры свечения (77 и 300°K) и возбуждения (рис. 1, 2). Фотоллюминесценция возбуждалась сплошным спектром ксеноновой лампы. Диагностированы следующие центры свечения N₃, S₃ (496.7; 515; 529), GR-1 (746), 604. Почти во всех кристаллах наблюдается красная линия (746 нм) разной интенсивности, приписываемая центру GR-1 – изолированной нейтральной вакансии, возникающей при радиационном облучении кристаллов. На ряду с наиболее распространенным синим азотными центром N₃ (встреченным во всех кристаллах), во многих октаэдрических

кристаллах присутствует четко диагностируемый желто-зеленый никелевый центр S3. Замечено, что желто-зеленое свечение на гранях октаэдров (S3 – никелевые центры) коррелирует с находками никельсодержащих металлических пленок на поверхности кристаллов. Этот факт является еще одним доказательством сингенетичности алмазов и многих видов металлов, присутствующих как в виде включений внутри кристаллов алмаза, в виде пленок на поверхности их граней, а также изоморфного (Ni) в кристаллической решетке.



1. Макеев А.Б., Дудар В.А. Минералогия алмазов Тимана. СПб.: Наука, 2001. 336 с.

2. Макеев А.Б., Иванух В. Морфология кристаллов, пленки и примазки на поверхности тиманских и бразильских алмазов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского. Изд-во Перм. ун-т. Пермь, 2005, Вып. 6, С.193–216.

3. Макеев А.Б., Иванух В., Обыден С.К., Сапарин Г.В., Филиппов В.Н. Минералогия, состав включений и катодолуминесценция карбонадо из штата Байя, Бразилия // Геология рудных месторождений, 2002, Т.44, №2, С.99–115.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 04-05-64174.