

УДК 553.08

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2025-64-3-3-12

## ПЕРВАЯ НАХОДКА КРУПНОГО АЛМАЗА ГРУППЫ «CLIPPIR» В РОССЫПНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ЭБЕЛЯХ (ЯКУТИЯ)

Галина Юрьевна Кriuлина<sup>1</sup>✉, Леонид Данилович Бардухинов<sup>2</sup>,  
Елена Михайловна Седых<sup>3</sup>, Роман Владимирович Еремеев<sup>4</sup>,  
Михаил Борисович Копчиков<sup>5</sup>, Оксана Андреевна Шилова<sup>6</sup>,  
Анастасия Игоревна Васина<sup>7</sup>, Людмила Александровна Демидова<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; g9671844057@gmail.com✉, <https://orcid.org/0000-0003-0002-7890>

<sup>2</sup> Вилуйская ГРЭ АК «АЛРОСА», Мирный, Россия; BardukhinovLD@alrosa.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6526-2747>

<sup>3</sup> Вилуйская ГРЭ АК «АЛРОСА», Мирный, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-2627-1274>

<sup>4</sup> АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия; <https://orcid.org/0009-0008-5719-5466>

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; kopchikov@rector.msu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8973-1545>

<sup>6</sup> Гохран России, Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-7343-2870>

<sup>7</sup> Гохран России, Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-5017-922X>

<sup>8</sup> АК «АЛРОСА» (ПАО), Москва, Россия

**Аннотация.** Россия является лидером алмазодобывающей отрасли среди всех стран мира, но находки крупных алмазов более 50 карат ювелирного качества являются для ее месторождений большой редкостью. Так, алмаз «XXVI съезд КПСС» массой 342,5 карат был извлечен в 1980 г. из кимберлитовой трубки «Мир» и до сих пор является самым крупным алмазом ювелирного качества, добытым на территории России. В 2023 г. на россыпном месторождении Эбелях (Западная Якутия) был обнаружен осколок алмаза, массой 390,65 карат высокого ювелирного качества. Смоделированная 3D-реконструкция целого кристалла алмаза позволила предположить, что по форме это был додекаэдрон, удлинённый по оси L3, масса которого составляла порядка 1500 карат — это самый крупный обломок алмаза ювелирного качества, найденный за всю историю добычи алмазов в России.

В настоящей статье впервые приводятся результаты комплексного изучения крупного осколка алмаза весом 390,65 карат. Исследования проведены на базе Гохран России и АК «АЛРОСА» методами оптической микроскопии, фотолюминесцентной и инфракрасной спектроскопии. Обнаруженное включение в алмазе изучено методом комбинационного рассеяния. Определено, что алмаз относится к типу IIa по физической классификации и в своем составе имеет единственное небольшое включение, относящееся по составу к сульфидной ассоциации. Установлено, что по совокупности признаков изученный алмаз можно отнести к группе алмазов «CLIPPIR». Авторами предпринята попытка установления закономерностей образования этого уникального алмаза.

**Ключевые слова:** алмаз, CLIPPIR, включения, ИК-спектроскопия, типоморфизм алмазов, Анабарский алмазоносный район

**Для цитирования:** Кriuлина Г.Ю., Бардухинов Л.Д., Седых Е.М., Еремеев Р.В., Копчиков М.Б., Шилова О.А., Васина А.И., Демидова Л.А. Первая находка крупного алмаза группы «CLIPPIR» в россыпном месторождении Эбелях (Якутия) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2025. № 3. С. 3–12.

## THE FIRST DISCOVERY OF A LARGE DIAMOND OF THE “CLIPPIR” GROUP IN THE ALLUVIAL DEPOSIT EBELYAKH (YAKUTIA)

Galina Yu. Kriulina<sup>1</sup>✉, Leonid D. Bardukhinov<sup>2</sup>, Elena M. Sedykh<sup>3</sup>, Roman V. Ereemeev<sup>4</sup>,  
Mikhail B. Kopchikov<sup>5</sup>, Olga A. Shilova<sup>6</sup>, Anastasia I. Vasina<sup>7</sup>, Lyudmila A. Demidova<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; g9671844057@gmail.com✉, <https://orcid.org/0000-0003-0002-7890>

<sup>2</sup> Vilyuiskaya GEE of AK ALROSA, Mirny, Russia; BardukhinovLD@alrosa.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6526-2747>

<sup>3</sup> Vilyuiskaya GEE of AK ALROSA, Mirny, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-2627-1274>

<sup>4</sup> AK ALROSA (PJSC), Mirny, Russia; <https://orcid.org/0009-0008-5719-5466>

<sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; kopchikov@rector.msu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8973-1545>

<sup>6</sup> Gokhran of Russia, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-7343-2870>

<sup>7</sup> Gokhran of Russia, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-5017-922X>

<sup>8</sup> AK ALROSA (PJSC), Moscow, Russia

**Abstract.** Russia is the leader in the diamond mining industry among all countries of the world but finds of large diamonds over 50 carats of gem quality are very rare for its deposits. For example, the 342.5 carat XXVI Congress of the CPSU diamond was recovered in 1980 from the Mir kimberlite pipe and is still the largest gem-quality diamond mined in Russia. In 2023, a 390.65 carat gem-quality diamond fragment was discovered at the Ebelyakh alluvial deposit

(Western Yakutia). The modelled 3D-reconstruction of the whole diamond crystal made it possible to assume that in terms of shape it was a dodecahedroid elongated along the L3 axis, the mass of which was about 1500 carats — this is the largest gem-quality diamond fragment found in the history of diamond mining in Russia.

This article is the first to present the results of a comprehensive study of a large diamond fragment weighing 390.65 carats. The research was carried out in the Gokhran of Russia and ALROSA using the methods of optical microscopy, photoluminescence and infrared spectroscopy. The detected inclusion in diamond was studied by Raman scattering. It was determined that the diamond belongs to type IIa according to the physical classification and has a single small inclusion in its composition belonging to the sulfide association. It was established that the studied diamond can be attributed to the CLIPPIR group of diamonds according to the totality of features. The authors tried to establish the regularities of formation of this diamond.

**Keywords:** diamond, CLIPPIR, inclusions, IR spectroscopy, diamond typomorphism, Anabar diamondiferous region

**For citation:** Kriulina G.Yu., Bardukhinov L.D., Sedykh E.M., Ereemeev R.V., Kopchikov M.B., Shilova O.A., Vasi-na A.I., Demidova L.A. The first discovery of a large diamond of the “CLIPPIR” group in the alluvial deposit Ebelyakh (Yakutia). *Moscow University Geol. Bull.* 2025; 3: 3–12. (In Russ.).

**Введение.** В последние годы значительно увеличилось количество находок крупных алмазов 50–250 карат в россыпях Анабарского алмазоносного района (ААР). Компания АО «Алмазы Анабара» осуществляет обогащение методом рентгенолюминесцентной сепарации с использованием собственной технологии АК «АПРОСА» для извлечения не люминесцирующих безазотных алмазов. В 2023 г. в россыпном месторождении Эбелях (ручей Куман, выше устья реки Эбелях) обнаружен особо крупный осколок алмаза весом 390,65 карат (далее — «390 карат»), уникальный как по массе, так и по качественным характеристикам (рис. 1). Его обнаружили во время промывки алмазоносных песков участка Эбелях прииска Маят. Кристаллы-гиганты 200–500 карат ювелирного качества являются не только самым дорогими в алмазодобывающей отрасли, но и представляют ценность с научной точки зрения, так как образуются в глубоких горизонтах Земли. Россыпные месторождения р. Анабар сложены гетерогенными неогеновыми и кайнозойскими и протерозойскими породами [Лобковский и др., 2021; Мальковец и др., 2021; Граханов и др., 2022]. Находки крупных алмазов и кристаллов редких насыщено-желтых, розовых цветов делают эти россыпи весьма эффективными для отработки [Вяткин и др., 2023; Голубев и др., 2020].

В связи с особенностью образования крупных кристаллов алмаза их принято выделять в отдельную группу [Bowen, et al., 2009; Moore 2014]. Для таких алмазов принято применять аббревиатуру «CLIPPIR» (Cullinan-like, Large, Inclusion-Poor, Pure, Irregular, and Resorbed), что соответствует их основным характеристическим особенностям — в переводе «Подобный Куллиану, крупный, бедный на включения, чистый, неправильной формы и растворенный».

Изучение крупных алмазов всегда сопряжено с рядом трудностей и связано с невозможностью применения разрушающих методов исследования ввиду их высокой стоимости и ограниченным доступом к ним. Исследованиям крупных алмазов посвящена серия публикаций [Smith, et al., 2017; Smit, Shirey, 2019], в которых предпринята попытка установить генезис таких кристаллов на основании

изучения включений в них [Smit, Shirey, 2019; Ulrika, et al., 2017; Motsamai, et al., 2018]. Важным доказательством того, что особо крупные алмазы группы «CLIPPIR» кристаллизовались в восстановительной среде металлического расплава, является установление в них «металлических включений состава Fe-Ni-C-S, окруженных метановыми и водородными оболочками» и иногда мейджоритовым гранатом [Smith, et al., 2017]. В опубликованных ранее данных указывается на сверхглубинное происхождение алмазов-гигантов и подчеркивается, что благодаря находкам безазотных алмазов с редкими включениями открылась новая возможность изучения природы нижней мантии Земли [Kaminsky, 2020; Kogarko, 2022; Shatsky, et al., 2020] и ее субдукционных процессов [Woodhead, et al., 2019; Zemnukhov, et al., 2020; Галимов, Каминский, 2021]. Так, крупные алмазы из кимберлитов трубки Карове и Жуина в основном не содержат азота [Agrosi, et al., 2019] и относятся к типу IIa по физической классификации [Винс и др., 2009], либо содержат азот в высокоагрегированной форме (тип IaB). Наибольшее количество алмазов группы «CLIPPIR» добыто из трубок Ботсваны, Лесото, Южной Африки, возраст которых оценивается в 1–1,3 млрд лет [Motsamai, et al., 2018].

**Материалы и методы исследований.** Приведены результаты исследования особенностей морфологии, оптико-спектроскопических свойств и качественных характеристик алмаза «390 карат», а также фазового состава минерального включения, обнаруженного в нем.

Минералогическое описание и фотографирование алмаза выполнено с использованием микроскопа Leica S9D в режиме отраженного и проходящего света и бинокулярного микроскопа Leica M205 в режиме отраженного света.

Для возбуждения фотолюминесценции при характеристике цвета свечения применен лазер АИЛ-3 с длиной волны 337 нм. Съемка спектров фотолюминесценции кристаллов алмаза выполнена с использованием возможностей КР-микроспектрометра Renishaw InVia Qontor. Источник возбуждения — лазер КР-микроспектрометра,  $\lambda$  — 325 нм, мощность — 20 мВт.

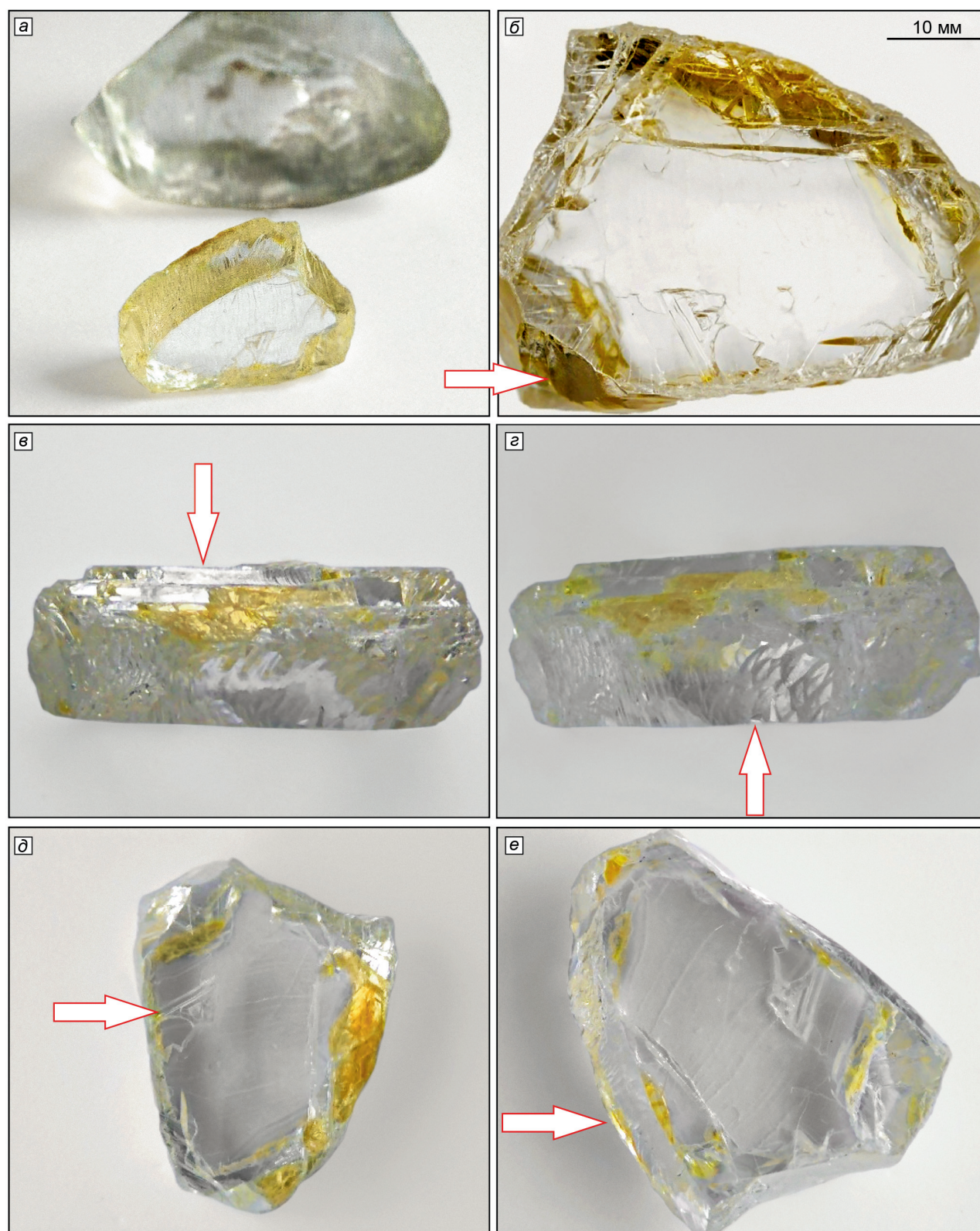


Рис. 1. Общий вид алмаза «390 карат»: а — художественное фото, модель алмаза Куллинан и алмаз «390 карат»; б — большая поверхность механического скола, природная вершина с выходом оси L4, и мелкие техногенные сколы по краям; в, г — природная кривогранная поверхность с блоковой скульптурой и ступенчатостью от сколов по спайности; д, е — вид с двух сторон, ограниченных механическими сколами, на д — фрагмент плоскогранной октаэдрической поверхности в виде треугольной пирамиды положительной в рельефе, е — природная кривогранная поверхность

ИК-спектроскопические исследования (съемка инфракрасных спектров) алмаза проводились на ИК-Фурье спектрометре Thermo Nicolet is50 FT-IR.

Диапазон измерений:  $400\text{--}6500\text{ см}^{-1}$ . Использованы приставки на отражение Pike DRIFTS и на пропускание Pike Beam Condenser. Была выполнена

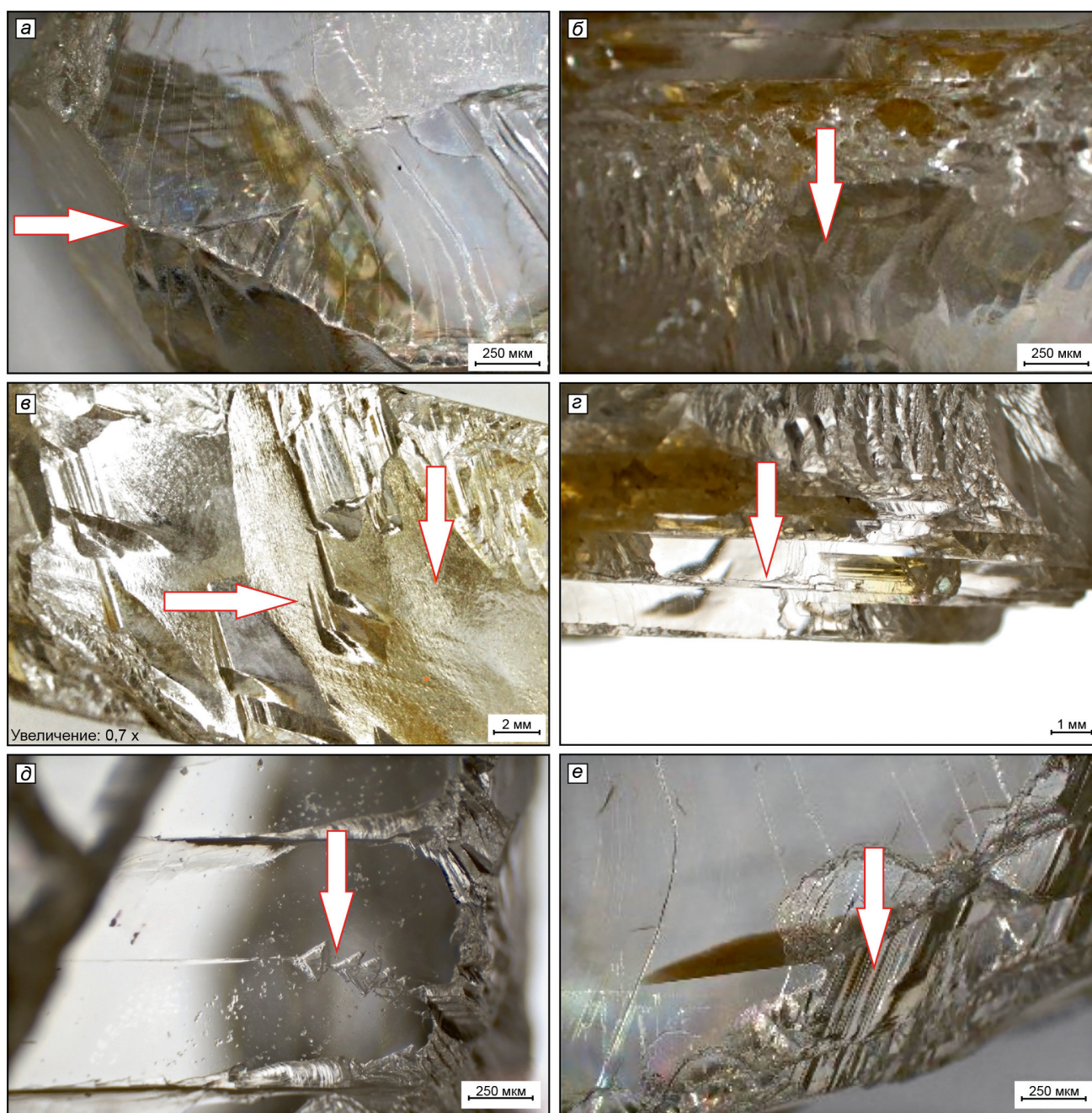


Рис. 2. Детали поверхности алмаза «390 карат». Пояснения в тексте

съемка интегральных (со всего объема кристалла) спектров. Нормирование спектров осуществлялось по поглощению в двухфоновой области. В качестве параметров внутреннего стандарта были выбраны коэффициенты поглощения на частотах  $1973\text{ см}^{-1}$  и  $2500\text{ см}^{-1}$  соответственно,  $\alpha_{1973} = 12,5\text{ см}^{-1}$  и  $\alpha_{2500} = 4,9\text{ см}^{-1}$  [Васильев, 2021]. Однако, большая толщина кристалла (1 см) делает невозможным точный расчет концентраций.

Идентификация единственного обнаруженного минерального включения в алмазе проведена с использованием метода комбинационного рассеяния (КР), с применением микроскопа, Renishaw InVia Qontor (Великобритания). Все спектры были сняты при комнатной температуре. Источник возбужде-

ния: твердотельный лазер КР-микроспектрметра,  $\lambda = 532\text{ нм}$ , мощность — 100 мВт.

Модель осколка алмаза построена в программе Agisoft Metashape методом фотограмметрии. Количество обработанных петрографий 200 шт. Построенная модель осколка алмаза была импортирована в формате DXF в программу Micromine 2016.1, где была произведена корректировка. Каркасная модель исходного кристалла алмаза также построена в программе Micromine 2016.1. Для подсчета объемов по каркасным моделям алмаза и осколка были созданы блочные модели с размерами блоков  $0,002\text{ м}$ . Объемы алмазов получены с помощью функции  $b^3$ , отчет по блочной модели  $b^3$ . Приведены пересчеты объема алмазов из кубометров в караты.

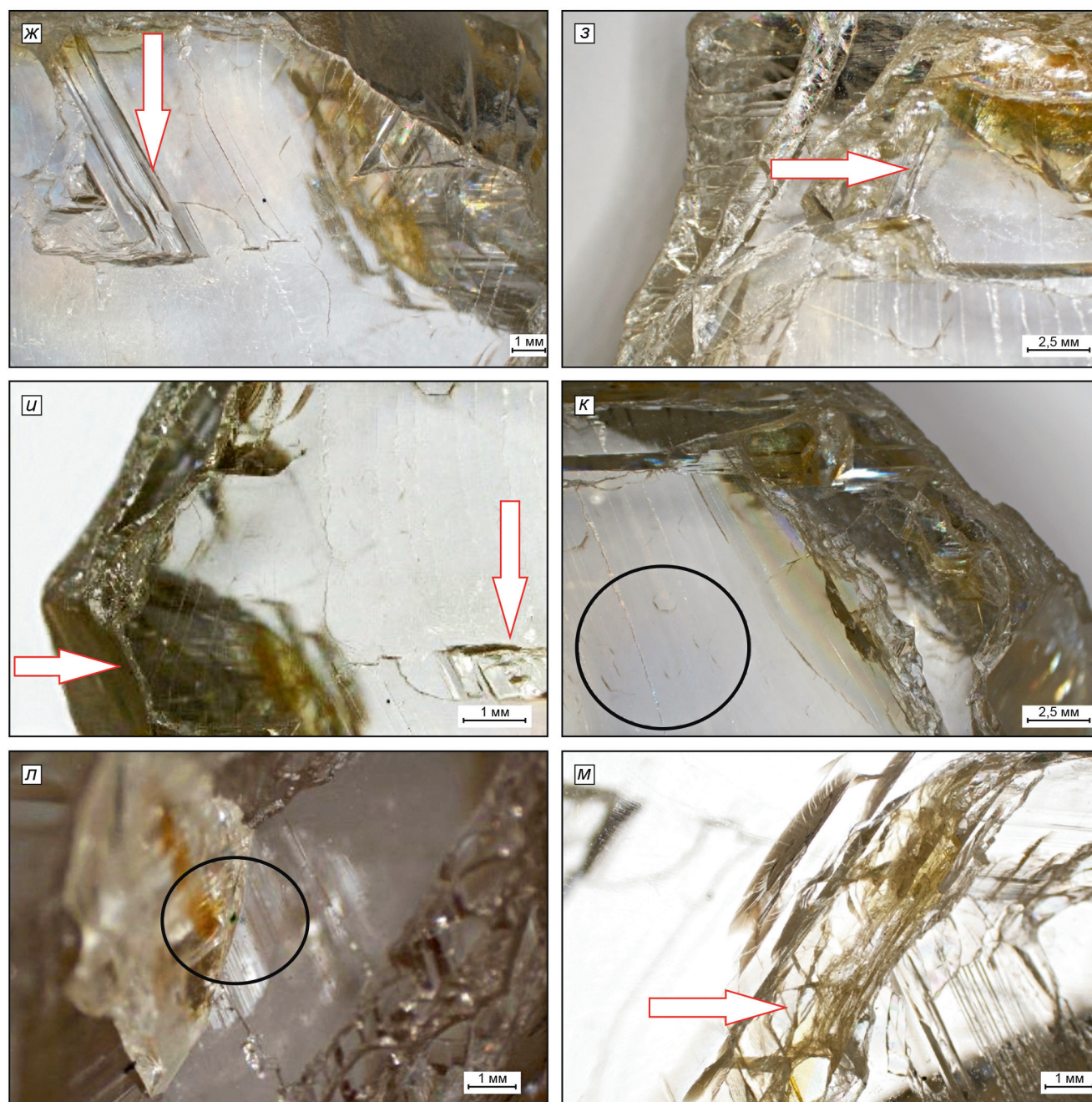


Рис. 2. Детали поверхности алмаза «390 карат». Окончание

**Результаты исследований.** Исследуемый фрагмент кристалла алмаза представляет собой обломок неправильной формы (Cleavage Dark 2 col) с линейными размерами 50,86–38,35–18,15 мм (рис. 1, а, б). Прозрачный, с желтоватым оттенком, при просмотре через параллельные плоскости сколов оттенок кажется более интенсивным из-за ожелезнения в поверхностных трещинах, а при просмотре через боковую природную поверхность с шагреновым узором наблюдается слабый коричневый нацвет (1 Brn).

Обломок по общему виду несколько напоминает уплощенную трапециевидную четырехгранную призму (рис. 1). На осколке сохранились три фрагмента природной криволинейной поверхности (рис. 1, в, г), что позволило воссоздать контур кри-

сталла. Две большие параллельные поверхности представляют собой сколы по плоскости спайности (рис. 1, д, е), образовавшиеся в природных условиях. Общий контур по периметру сколов создается комбинацией более мелких сколов различного происхождения и реликтом природной поверхности.

На одном участке сохранилась часть природной кристалломорфологической огранки, по которой можно предположить форму и степень растворения кристалла. Это криволинейная поверхность, соответствующая плоскости ромбододекаэдра с тонкой каплевидно-заноистой штриховкой (рис. 1, г; 2, в), которая ограничена двумя сохранившимися вершинами оси  $L_4$  (рис. 2, а). При просмотре в этом направлении наблюдается легкий коричневатый оттенок

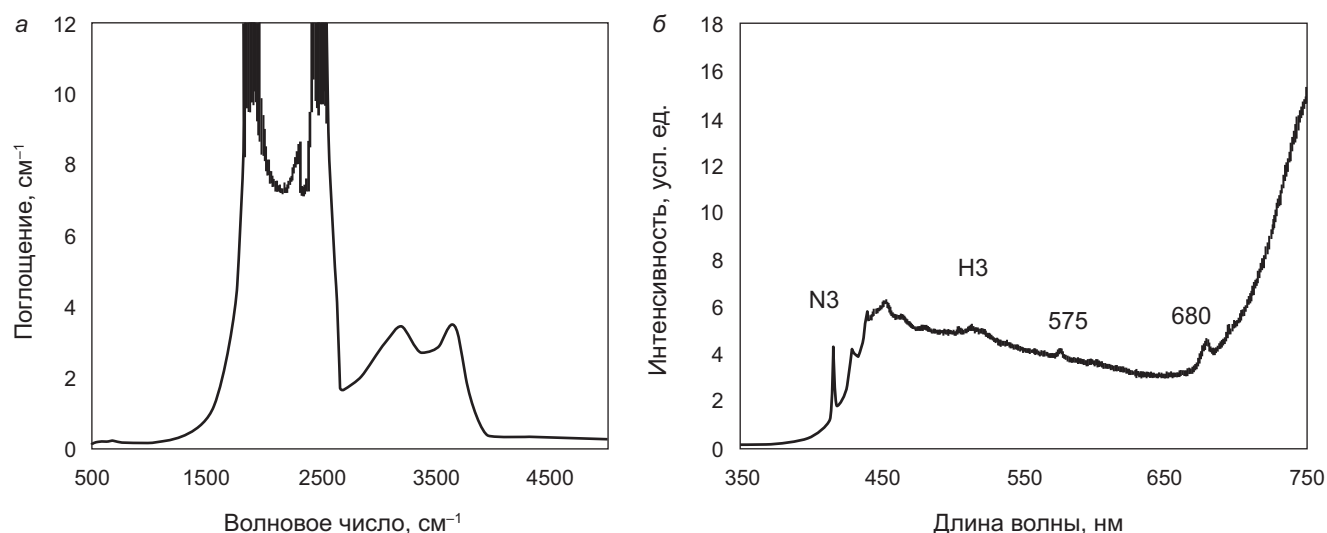


Рис. 3. Алмаз «390 карат»: а — ИК-спектр поглощения алмаза; б — спектр фотолюминесценции алмаза

(1 brn). Поверхность покрыта шагренью и линиями пластической деформации, на боковых участках отмечаются более резкие полосы деформации с изгибом (рис. 2, в). На грани наблюдаются одинаково направленные треугольные выступы. Следовательно, эта поверхность принадлежит кристаллографическому направлению тригонтриоктаэдра (с овализацией – додекаэдроид). Вторая кривогранная поверхность чуть меньше (рис. 1, б; 2, б), на ней видны единичные треугольные фигуры травления и небольшие каверны-бороздки, трассирующие выходы плоскостей деформации (рис. 2, д), часть прилегающей поверхности осложнена протоматмическим сколом с легкой волнистостью, а также фрагмент природной поверхности с грубой параллельной штриховкой, сложенной торцами октаэдрических слоев (рис. 2, е). Следовательно, можно предположить, что алмаз первоначально имел облик с комбинацией граней октаэдра и додекаэдроид. На меньшей по площади основной поверхности, сформированной механическим сколом, имеется 2 маленьких фрагмента октаэдрической грани — положительные в рельефе треугольные пирамиды (рис. 2, ж) и пластина с элементами штриховки (рис. 2, з).

Поверхность больших параллельных сколов гладкая, со ступенями микрослоистости, характерными для сколов по грани октаэдра, как природных механических, так и техногенных (рис. 2, а). Однако, в данном случае тонкие волнистые линии микрослоистости сглажены и формируют эффект приполированности. Крупные сколы по спайности имеют выраженный ступенчатый характер (рис. 2, г).

Под поверхностью больших механических сколов установлены выходы мелких серповидных (ромбических) трещин (рис. 2, и, к), образующихся на поверхности алмаза при длительном пребывании в водных потоках [Кухаренко, 1955]. На одной из сколовых поверхностей и на реликте природной грани зафиксированы единичные зеленые пятна

пигментации (рис. 2, л), что также подтверждает давнее происхождение сколов.

Края сколов немного притуплены микровыкрашиванием и микротрещинами (рис. 2, з, и), вероятно образованными при обогащении или при механическом воздействии на алмаз при формировании россыпи. Основные сколы в приповерхностной зоне осложнены более мелкими, а также параллельными сколам радужными трещинами, большинство из которых заполнены гидроокислами железа (рис. 2, к, м). Ожелезненные трещины придают алмазу желтый цвет по краям.

При исследовании методом ИК-спектроскопии, наиболее информативные спектры получены при съемке образца на поглощение (рис. 3, а). В двухфононной области регистрируется система решеточного поглощения алмаза, в однофононной области поглощение отсутствует, алмаз относится к типу Па по физической классификации. В ИК-спектре отсутствует поглощение на  $3107\text{ см}^{-1}$ , относящееся к структурной примеси водорода в виде сложных комбинированных N3HV центров [Goss, et al., 2014].

В спектрах фотолюминесценции алмаза (рис. 3, б) зафиксированы незначительные количества N3 центров (415 нм), а также H3 (503 нм), NV (575 нм) и 680 нм. При этом, стоит отметить, что визуально алмаз не светится в УФ-лучах. Наличие данных центров свидетельствует о длительной термической истории алмаза, содержащего небольшое количество примеси азота. В работе [Dobrinets, et al., 2013] показано, что пик люминесценции 680 нм является повтором пика поглощения 480 нм, характерен для природных алмазов, прошедших лабораторную высокотемпературную обработку, а также наблюдается в алмазах с оранжево-коричневато-желтой окраской, подверженных глубинной высокотемпературной пластической деформации.

В алмазе «390 карат» присутствуют характерные черты пластической деформации, проявившиеся на

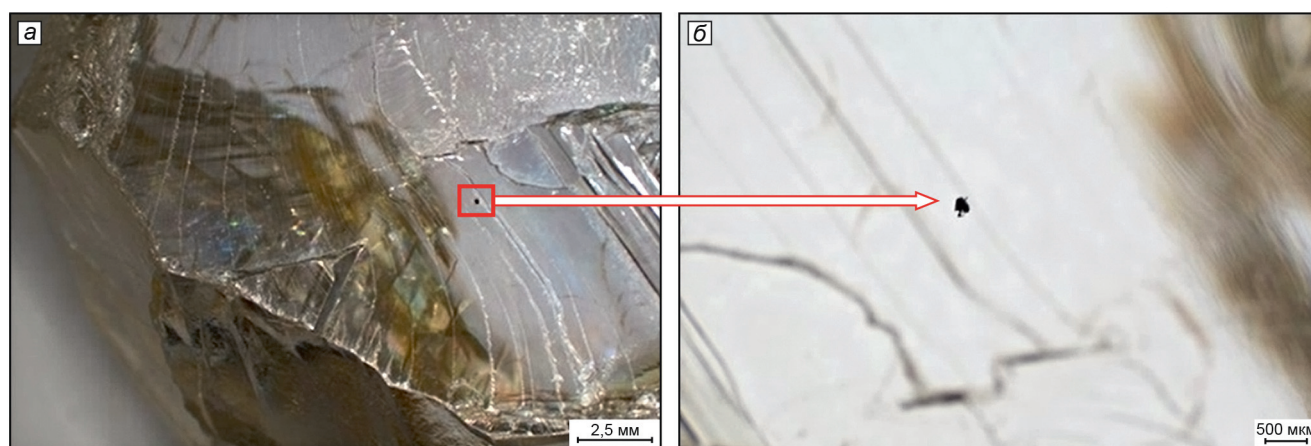


Рис. 4. Фотография: включение в алмазе

кристалле в виде линий скольжения и коричневого легкого оттенка. Следовательно, пик люминесценции 680 нм свидетельствует о высокотемпературной обработке данного алмаза.

По краям алмаза наблюдаются ожелезненные трещины, в промежуточной зоне есть небольшое включение (рис. 4). С использованием метода КР-спектроскопии изучено темноцветное включение, расположенное в дисковидной трещинке в объеме кристалла и не имеющее выходов на поверхность. По КР-спектру данное включение соответствует по составу пирротину ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ). Мономинеральное включение пирротина подчеркивает железистую специализацию основных расплавов, из которых кристаллизовались алмазы эклогитового типа.

**Обсуждение результатов.** Сегодня большинство исследователей склоняются к мнению, что алмазы-гиганты растут в нижнемантийных условиях, обогащенных железом [Smith, et al., 2017; Smit, Shirey, 2019]. В пользу этого говорит наличие включения пирротина, низкоазотный состав, специфическое внутренне строение и следы пластической деформации при очень высокой температуре. Такие алмазы должны быть древнейшими. При этом кимберлитовые трубки, в которых находят алмазы-гиганты имеют разный возраст от 1200 (тр. Премьер) до 230 млн лет (тр. Джванегн). Субдукционный генезис крупных алмазов, в результате погребения древней океанической коры, обогащенной углеродом биогенным и водно-морским, рассматривается как логичное обоснование облегченного изотопного состава углерода, но кроме углерода система обогащена азотом и водородом, а их в алмазе «390 карат», как и в других алмазах-гигантах практически нет. В то время как алмазы месторождения имени М.В. Ломоносова, для которых также принимается субдукционный генезис, имеют облегченный изотопный состав углерода, повышенное содержание в структуре азота и водорода [Криулина и др., 2018].

Современные модели алмазообразования, основанные на комплексе обширных минералогических, геохимических и экспериментальных данных, построены с учетом значительной роли С-О-Н-флюида

в процессах мантийного минералообразования [Sobolev, et al., 2019]. Флюидные включения наиболее часто встречаются в алмазах с волокнистым, зонально-секториальным строением, в плоскостях срастания. Теория происхождения крупных безазотных алмазов на последнем этапе алмазообразования, как результат перекристаллизации или кристаллизации из флюидной системы О-Н-Н-С описана в работе [Симаков, 2018]. Однако при формировании алмазов из газовой фазы, невозможно получить столь совершенное внутреннее строение с послойным механизмом роста. О неоднозначности трактовки фактов говорят работы [Shatsky, et al., 2020; Taylor, Liu, 2009; Taylor, Anand, 2004] по изучению редких металлических, сульфидных включений в алмазах обычных размеров, относимых к эклогитовому и ультраосновному парагенезисам, т.е. они характерны не только для алмазов-гигантов. Процесс выноса нижнемантийных кристаллов алмаза в литосферную мантию наиболее согласуется с теорией глубинных плюмов [Пучков, Зедгенизов, 2023; Kogarko, 2022].

Грани октаэдра и небольшие механические сколы со ступенчатыми реликтами природных октаэдрических (комбинационных граней) дают возможность предположить, что первоначально это был алмаз комбинационного габитуса октаэдр-додекаэдроид с небольшим искажением (рис. 5).

Протомагматический скол по меньшей стороне очевидно был сколом по ребру у вершины гигантского кристалла. Природные механические сколы по спайности откололи от гигантского кристалла фрагмент, параллельный грани октаэдра, захвативший 3 октаэдрические вершины и комбинационную поверхность додекаэдроид. Далее сформировались более мелкие сколы по периферии.

В работе предпринята попытка воссоздать контур алмаза по реликтам природных криволинейных поверхностей. Модель осколка алмаза построена в программе Agisoft Metashape методом фотограмметрии (рис. 5, а). Далее по контуру осколка построена каркасная модель кристалла, в которой 2 вершины оси  $L_4$  и поверхность между ними совпадают с вершинами и поверхностью модели, также 3-я вершина

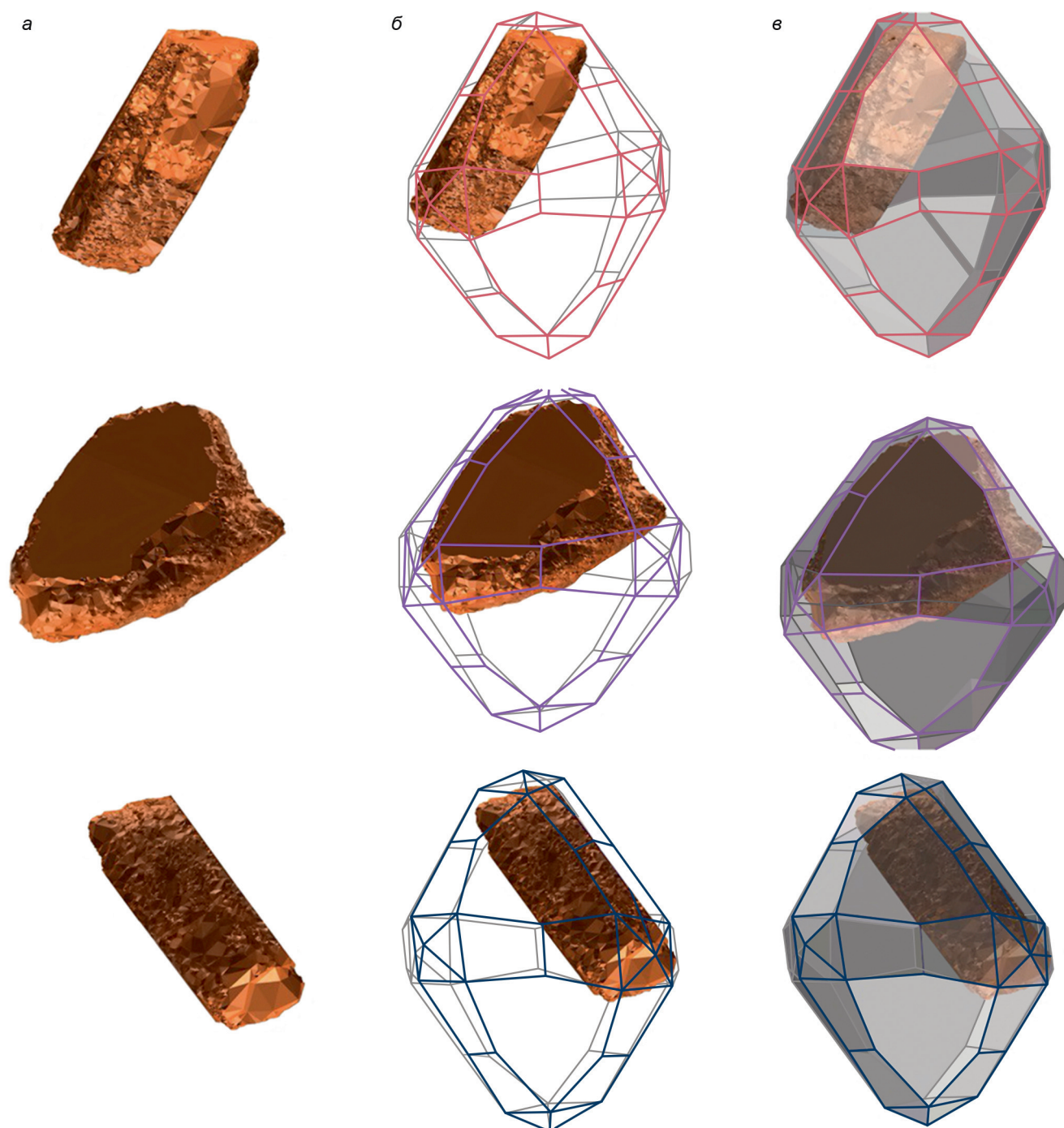


Рис. 5. Схематическое изображение реконструкции алмаза: а — отсканированная модель осколка; б — реконструированный каркас алмаза, в — объемный вид алмаза с вписанным в него обломком 390 карат, три проекции с поворотом вокруг вертикальной оси позволяют продемонстрировать реконструированный алмаз с учетом незначительного искажения кристалла и соприкосновения вершин и поверхностей кристалла и его осколка

и участок грани обломка выходят на противоположную поверхность алмаза (рис. 5, б).

Программа Micromine 2016.1 позволила провести сопоставление объемов и вычислить массу восстановленного (первичного, начального) кристалла-гиганта (рис. 5, в). Рассчитанный объем осколка составляет  $21 \text{ см}^3$  (при массе 390,6 карат), объем описанного целого кристалла составляет  $97 \text{ см}^3$ . Следовательно, оставшийся фрагмент составляет примерно 25 % от начального алмаза-гиганта весом

примерно 1500 карат, обломанного, вероятно, сначала в мантии, а потом на поверхности, возможно при транспортировке в русловом потоке. По отмеченным ранее признакам, в процессе обогащения утратились незначительные по объему части.

Исследуемый фрагмент кристалла-гиганта имеет сложную экзогенную историю. Образование основных больших механических сколов, по-видимому, произошло при транспортировке алмаза к поверхности земли, а многочисленные небольшие ожелез-

ненные трещины по периферии больших сколов — при попадании алмаза во вторичный коллектор. Затем алмаз подвергся транспортировке в водном потоке, о чем свидетельствуют серповидные трещинки от удара на поверхностях больших сколов [Кухаренко, 1955], и далее в гипергенных условиях происходило радиоактивное облучение алмаза: образовались зеленые пятна пигментации на природной кривогранной поверхности и на поверхности механического скола.

**Выводы.** Алмаз весом 390,65 карата однозначно можно отнести к обломку особо крупного алмаза группы «CLIPPIR», предположительно, с исходным весом около 1500 карат, расколовшегося в мантийных условиях в процессе транспортировки.

Алмаз «390 карат» образовался в среде, существенно обедненной азотом, рост происходил при температуре, значительно более высокой, чем рост основной массы алмазов из кимберлитовых тел. Малое количество азота под воздействием высокой температуры и направленного внешнего давления было преобразовано в оптически активные центры N3, H3, NV и центры пластической деформации, обусловившие проявление небольшого коричневого оттенка в алмазе. На поверхности алмаза зафиксиро-

ваны следы механического износа и зеленые пятна пигментации, образующиеся вследствие экзогенной транспортировки и природного радиоактивного облучения.

Совокупность полученных данных указывает на происхождение алмаза в нижней мантии, обедненной азотом, но содержащей железо-сульфидные фазы. Сложная экзогенная история алмаза, не позволяет говорить о близости нахождения первоисточника — кимберлитового тела, а скорее подчеркивает древний возраст эродированного коренного источника алмаза, кимберлитовые магмы которого вынесли его на поверхность, что сближает данный алмаз с другими алмазами группы «CLIPPIR» по возрасту коренного объекта алмазоносности.

**Благодарности.** Коллектив авторов благодарит АК «АЛРОСА» и ГОХРАН РОССИИ за предоставленную возможность исследований и публикации данного материала.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках плановых работ ВГРЭ АК «АЛРОСА», МГУ имени М.В. Ломоносова НИР по теме «Минералогическое изучение месторождений Арктической зоны России с целью их комплексного освоения» (№ госрегистрации 121061600049-4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильев Е.А. Дефекты кристаллической структуры в алмазе как индикатор кристаллогенеза // Записки Горного института. 2021. № 250. Т. 1. С. 1–11.

Винс В.Г., Елисеев А.П., Сарин В.А. Физические основы современных методов обогащения природных алмазов и бриллиантов // Драгоценные металлы. Драгоценные камни. 2009. Т. 2, № 182. С. 132–14.

Вяткин С.В., Криюлина Г.Ю., Бардухинов Л.Д., Гаранин В.К. Алмазы россыпного месторождения реки Моргогор (Анабар, Якутия) // Литосфера. 2023. № 4. С. 672–683.

Галимов Э.М., Каминский Ф.В. Алмазы в океанической литосфере. Вулканические алмазы и алмазы в офиолитах // Геохимия. 2021. Т. 66, № 1. С. 3–14.

Голубев Ю.К., Гаранин К.В., Кошкарев Д.А. и др. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов России // Минеральные ресурсы России. Геологоразведка и сырьевая база. 2020. № 6. С. 3–11.

Граханов С.А., Проскурнин В.Ф., Петров О.В., Соболев Н.В. Алмазоносные туфогенно-осадочные породы Триаса Арктической зоны Сибири // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 4. С. 550–578.

Криюлина Г.Ю., Васильев Е.А., Гаранин В.К. Структурно-минералогические особенности алмаза месторождения имени М.В. Ломоносова (Архангельская провинция): новые данные и их интерпретация // Доклады Академии наук. 2018. Т. 486, № 6. С. 43–46.

Кухаренко А.А. Алмазы Урала. М., 1955. 512 с.

Лобковский Л.И., Рамазанов М.М., Котелкин В.Д. Развитие модели верхнемантийной конвекции, сопряженной с зоной субдукции, с приложениями к мелкайнзойской геодинамике Центрально-Восточной Азии и Арктики // Геодинамика и тектонофизика. 2021. № 12(3). С. 456–470.

Мальковец В.Г., Шацкий В.С., Дак А.И. и др. Свидетельства многоэтапности и полихронности щелочно-

ультраосновного мезозойского магматизма в районе алмазоносных россыпей бассейна реки Эбелях (восточный склон Анабарского щита) // Доклады АН. 2021. Т. 496, № 1. С. 49–54.

Пучков В.Н., Зедгенизов Д.А. Мантийная конвекция и алмазы // Литосфера. 2023. № 4. С. 476–490.

Симаков С.К. Образование алмазов типа Па // Доклады академии наук. 2018. Т. 482, № 5. С. 583–586.

Agrosi G., Tempesta G., Mele D., et al. Multiphase inclusions associated with residual carbonate in a transition zone diamond from Juina (Brazil) // Lithos. 2019. 105279. P. 350–351.

Bowen D.C., Ferraris R.D., Palmer C.E., Ward J.D. On the unusual characteristics of the diamonds from Letseng-la-Terae kimberlites, Lesotho // Lithos. 2009. Vol. 112S. P. 767–774.

Dobrinets I.A., Vins V.G., Zaitsev A.M. HPHT-treated diamonds. Diamonds forever. Springer Series in Materials Science, 2013. P. 276.

Goss J.P., Briddon P.R., Hill V., et al. Identification of the structure of the 3107 cm<sup>-1</sup> H-related defect in diamond // J. Phys.: Condens. Matter. 2014. Vol. 26. P. 1–6.

Kaminsky F. Basic problems concerning the composition of the Earth's lower mantle // Lithos. 2020. 105515. P. 364–365.

Kogarko L.N. Plume related kimberlites and carbonatites // Mineral. Petrol. 2022. DOI: 10.1007/s00710-022-00789-9.

Moore A.E. The origin of large irregular gem-quality type II diamonds and the rarity of blue type IIb varieties // South African J. Geol. 2014. Vol. 117. P. 219–236.

Motsamai T., Harris J.W., Stachel T., et al. Mineral inclusions in diamonds from Karowe Mine, Botswana: super-deep sources for super-sized diamonds? // Mineralogy and Petrology. 112 (Suppl 1). 2018. P. 169–180.

Shatsky V.S., Ragozin A.L., Logvinova A.M., et al. Diamond-rich placer deposits from iron-saturated mantle beneath the northeastern margin of the Siberian craton // Lithos. 2020. Vol. 105514. P. 364–365.

*Smit K.V., Shirey S.B.* Diamond from the deep // *Gems & Gemology*. Spring 2020. Vol. 56, No. 1. P. 148–155.

*Smith E.M., Shirey S.B., Wang W.* The very deep origin of the world's biggest diamonds // *Gems & Gemology*. Vol. LIII. 2017. P. 388–403.

*Sobolev N.V., Tomilenko A.A., Bul'bak T.A., Logvinova A.M.* Composition of Hydrocarbons in Diamonds, Garnet, and Olivine from Diamondiferous Peridotites from the Udachnaya Pipe in Yakutia, Russia // *Engineering*. 2019. Vol. 5. P. 471–478.

*Taylor L.A., Anand M.* Diamonds: time capsules from the Siberian mantle // *Chem. Erde Geochem.* 2004. Vol. 64. P. 1–74.

*Taylor L.A., Liu Y.* Sulfide inclusions in diamonds: not monosulfide solid solution. Russian // *Geology and Geophysics*. 2009. Vol. 50. P. 1201–1211.

*Ulrika F.S., D'Haenens-Johansson, Smith E.M., et al.* The 812-carat pure Type IaB constellation diamond from Karowe — part of an even larger rough // *Extended Abstracts. 11<sup>th</sup> International Kimberlite Conference*. 2017. Gaborone. Botswana. 11IKC-4611.

*Woodhead J., Hergt J., Giuliani A., et al.* Kimberlites reveal 2.5-billion-year evolution of a deep, isolated mantle reservoir // *Nature*. 2019. Vol. 573. P. 578–581.

*Zemlukhov A.L., Reutsky V.N., Zedgenizov D.A., et al.* Subduction related population of diamonds in Yakutian placers, northeastern Siberian platform // *Contrib. Mineral. Petrol.* 2020. Vol. 175. P. 98.

Статья поступила в редакцию 02.08.2024,  
одобрена после рецензирования 12.12.2024,  
принята к публикации 28.06.2025