

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского
государственного
университета

С.В. Аплонov

10 сентября 2018 г.

О Т З Ы В

ведущей организации о диссертации Титкова Сергея Васильевича «Изоморфные примеси в природных алмазах и их генетическое значение», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография

Диссертационная работа С.В. Титкова посвящена детальному исследованию изоморфных примесей в алмазах с использованием современных спектроскопических и дифракционных методов. Материалом для изучения стала уникальная выборка из более чем девятистот образцов природных алмазов из кимберлитов Сибирской платформы и россыпей Сибири и Урала.

Актуальность темы диссертационной работы определяется не только не прекращающимся, но с течением времени усиливающимся интересом к алмазам как к уникальным объектам – свидетелям процессов, проходящих в глубинных геосферах Земли, недоступных для прямого наблюдения. Изучение изоморфных примесей в алмазах дает ключ к пониманию структуры мантии и позволяет проследить судьбы тех или иных химических элементов в процессах субдукции и преобразования вещества в глубинах Земли.

Научная новизна диссертации состоит в целом ряде новых результатов, касающихся природы изоморфных примесей в алмазах и методов их изучения. В частности, С.В. Титковым предложена новая ЭПР-классификация природных алмазов, основанная на присутствии в них основных азотных парамагнитных центров, выявлен новый тип азотных дефектов в природных алмазах, установлена природа некоторых важных полос поглощения на ИК-спектрах алмазов. Отдельный интерес представляет исследование пластических деформаций алмазов и связанное с ними механическое микродвойникование, впервые изученное и проанализированное с использованием

рентген-дифракционных методов.

Практическая значимость работы связана с использованием данных об изоморфных примесях и дефектах в алмазах в геолого-разведочной практике как надежных индикаторов условий образования тех или иных алмазоносных пород. Кроме того, следует упомянуть и о важной задаче определения происхождения того или иного кристалла алмаза, весьма важного для геммологических лабораторий, занимающихся диагностикой природных и синтетических камней.

Личный вклад соискателя представляется несомненным – диссертация является обобщением результатов, полученных автором на протяжении более чем двадцати лет работы в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. Отражением личного вклада соискателя можно считать и тот факт, что в 11 из 24 статей, опубликованных автором в журналах из списка Web of Science, С.В. Титков является первым автором.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, заключения и шести глав, занимает 205 страниц и, в том числе, содержит 48 рисунков, 2 таблицы и список литературы из 240 наименований.

В первой главе автор приводит литературный обзор исследования изоморфных примесей в алмазах, особо останавливаясь на данных ЭПР-спектроскопии, ИК-спектроскопии, фотолуминесценции и оптической спектроскопии поглощения. Эта часть представляет собой добротное исследование имеющейся литературы и имеет самостоятельное значение.

Вторая глава посвящена методам и объектам исследования. Здесь автор подробно описывает исследованные им уникальные коллекции алмазов (более 900 образцов), а также методы, использованные им для их изучения. Скрупулезно описаны не только сами методы, но и конкретные приборы и программное обеспечение, с помощью которого проводилась обработка результатов.

В третьей главе рассмотрены изоморфные примеси азота и предложена новая ЭПР-классификация природных алмазов. В связи со все большей доступностью метода ЭПР-спектроскопии для лабораторных исследований, эта разработка С.В. Титкова представляется весьма актуальной и полезной для выяснения корреляций между дефектностью алмазов и их генезисом. В конце третьей главы формулируется 1-е защищаемое положение.

Четвертая глава содержит результаты исследования пластически деформированных алмазов и, на наш взгляд, является важным вкладом в онтогению алмаза. Автор убедительно показывает различие деформационных азотных центров в

кристаллах, пластически деформированных по методу скольжения дислокаций и по методу механического микродвойникования. Здесь, кажется, впервые с использованием монокристалльной рентгеновской дифракции изучены механические двойники в алмазах. В качестве «бонуса» автор делает вывод о том, что окраска розовых алмазов связана именно с наличием двойниковых ламмелей. Несмотря на незначительные кристаллографические неточности (см. ниже), эта глава содержит большое количество нового и весьма важного материала, на основании которого автор формулирует 2-е и 3-е защищаемые положения.

Изоморфные примеси никеля в алмазах являются предметом исследования в **пятой главе** диссертации. Помимо установления природы этих примесей методом ЭПР-спектроскопии, С.В. Титков приводит результаты изучения их распределения по объему кристалла с использованием рентгеновской топографии и катодолюминесценции. По мнению соискателя, вхождение никеля в природные алмазы связано с участием в алмазообразовании металлоорганических соединений (согласно с ранее предложенными гипотезами), что само по себе весьма интересно и любопытно с точки зрения возможности существования органических минералов в глубинных геосферах Земли. По материалам пятой главы автор формулирует 4-е защищаемое положение.

Наконец, **шестая глава** содержит полученные автором данные исследования «других» изоморфных примесей в алмазах, как-то: кислорода, водорода и фосфора. На основании материалов этой главы автор формулирует 5-е защищаемое положение.

Заключение подводит итог проделанной работе и состоит из 12 пунктов, в которых С.В. Титков суммирует основные результаты исследований.

Как и полагается для всякой диссертационной работы, она не лишена недостатков, которые связаны, на наш взгляд, с некоторой неаккуратностью использования автором кристаллографической номенклатуры. Так, на странице 92 диссертации автор пишет, что «...центры $W7$...лежат в плоскости $\langle 110 \rangle$ ». Автор использует для обозначения плоскости угловые скобки, тогда как хорошо известно, что угловые скобки в кристаллографии и минералогии используются для обозначения секторов роста граней (то же и на странице 101). На странице 99: «главная ось сверхтонкого взаимодействия неспаренного электрона с ближайшим атомом азота совпадает с направлением связи, т.е. с осью симметрии кристалла $\{111\}$ ». Автор использует для обозначения направления фигурные скобки, но фигурными скобками в кристаллографии обозначаются простые формы, т.е. наборы симметрично эквивалентных плоскостей. Далее – на странице 101 автор пишет, что «...двойники по шпинелевому закону могут образовываться в кристаллах алмаза с пространственной группой $Fd3m$ ». По всей видимости, существуют кристаллы алмаза с другими пространственными группами помимо упомянутой автором, но об этом

рецензенту ничего неизвестно. Символы пространственных групп даны не всегда правильно – тогда как в них буквы всегда даются курсивом, а цифры – обычным шрифтом.

Что касается автореферата, то представляется излишним приводить после содержания главы еще раз защищаемые положения, т.к. они уже даны во вводной части автореферата.

Сделанные замечания не понижают высокой научной ценности диссертационной работы С.В. Титкова, которая представляет собой законченное научное исследование, основанное на многолетнем опыте изучения богатой и уникальной коллекции природных алмазов. Результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Научная новизна, актуальность, практическая ценность полученных результатов, обоснованность и достоверность научных положений и выводов этой замечательной работы не вызывают сомнений. Автореферат отражает содержание диссертации, а сама диссертация полностью соответствует специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Диссертационное исследование Сергея Васильевича Титкова «Изоморфные примеси в природных алмазах и их генетическое значение» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Отзыв составлен профессором кафедры кристаллографии СПбГУ доктором геолого-минералогических наук С.Н. Бритвиным. Диссертация и отзыв рассмотрены и отзыв утвержден на заседании кафедры кристаллографии СПбГУ от 18 сентября 2018 г. (протокол заседания 2018/09).

Доктор геолого-минералогических наук,
Профессор

С.Н. Бритвин

Личную подпись С.Н. Бритвина заверяю



Наименование организации в соответствии с Уставом: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ).

Адрес: 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб. 7/9.

Тел.: +7(812)3289701. Адрес электронной почты: srbu@spbgu.ru.