

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института экспериментальной минералогии РАН

чл.-корр. РАН, д.г.-м.н. Ю.Б. Шаповалов

6 февраля 2017 года



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт экспериментальной минералогии Российской академии  
наук (ИЭМ РАН), ул. Академика Осипьяна, д.4, г. Черноголовка,  
Московская область, 142432 Тел./факс: 8(496)524-44-25,  
<http://www.iem.ac.ru>

### ОТЗЫВ

официальной ведущей организации Федерального государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук (ИЭМ РАН) на диссертационную работу Михайленко Дениса Сергеевича «Минералогия графит- и алмазодержащих ксенолитов из кимберлитовой трубки «Удачная», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 «минералогия, кристаллография».

Диссертационная работа Д.С. Михайленко посвящена одной из наиболее острых проблем петрологии мантии – происхождению глубинных алмаз и графитсодержащих ксенолитов основного и ультраосновного состава, выносимых кимберлитовыми магмами. Актуальность исследования не вызывает сомнения, поскольку проблема образования графита и алмаза в глубинных ксенолитах чрезвычайно важна для понимания глобального геохимического цикла углерода. Расшифровка процессов, ведущих к одновременному нахождению обоих полиморфных модификаций углерода в одной породе является ключом к расшифровке термодинамических и флюидных условий в мантии Земли. Данные о таких ассоциациях уникальны, и тем актуальней становятся задачи их изучения.

Задачи диссертационной работы подразделяются на два раздела. Первый раздел – это исследование минералогических и геохимических особенностей графит и алмазодержащих мантийных ксенолитов. Второй раздел заключается в выяснении условий образования таких уникальных ассоциаций. В соответствии с этими задачами главными научными достижениями диссертационной работы Д.С. Михайленко, часть из которых составляют защищаемые положения, являются следующие исследования, результаты и выводы.

- (1) Проведено комплексное исследование минералогии и петрографии образцов эклогитовых и ультраосновных ксенолитов, которые содержат одновременно алмаз и графит.
- (2) Изучена морфология, дефектно-примесный и изотопный состав алмазов, а также структурные особенности графита в этих образцах.
- (3) Рассчитаны температуры (1000-1250°C) и давления (4.7-7.2 ГПа) для ксенолитов, содержащих оба полиморфа углерода.
- (3) Сделан вывод о возможности метастабильной кристаллизации графита в породах верхней мантии и о сохранности графита в области устойчивости алмаза в течение длительного геологического времени.
- (4) Предположена общность источников углерода алмаза и графита в мантийных ксенолитах.

Эти результаты представляют несомненный интерес для исследователей в областях мантийной петрологии, минералогии, геохимии, синтеза алмаза.

Диссертация Д.С. Михайленко общим объемом 159 страниц состоит из Введения, 6 глав, Заключение, включает список литературы (312 наименования), 55 иллюстраций и 22 таблицы. Текст диссертации содержит анализ литературных данных, обоснование задач исследований и выбора образцов для исследования. В работе приводятся сведения об использованных аналитических методах. Все фотографии, диаграммы и таблицы вполне наглядно иллюстрируют полученные результаты, а список литературы полно отражает эрудицию автора по тематике диссертации.

Во Введении автор традиционно для диссертаций на соискание степени кандидата наук освещает актуальность работы, ее цель и задачи, фактический материал, личный вклад автора и методы исследования, использованные в работе, характеризует научную новизну и практическую значимость работы, а также приводит сведения об апробации работы. На наш взгляд *название работы сформулировано неудачно*, поскольку в диссертации рассматривается не только минералогия ксенолитов, но, что намного важнее, условия их образования и преобразования в мантии. В формулировке названия нет физико-химического или генетического аспекта. Название работы могло бы быть, например, таким: “Р-Т и флюидные условия образования графит- и алмазсодержащих ксенолитов...”. Во Введении автор формулирует 3 защищаемых положения, полностью отражающие суть работы.

В Главе 1 приводится обзор литературных данных о находках графит и алмазсодержащих ксенолитов в кимберлитах и о представлениях об их образовании в верхней мантии. В главе также приведен обзор экспериментальных данных по стабильной или метастабильной кристаллизации графита и алмаза в различных системах, а также по исследованиям включений графита в алмазах. На основе обзора этих данных Д.С. Михайленко приходит к выводу о правомерности модели метастабильного сосуществования этих фаз в условиях стабильности алмаза, которой придерживается далее в работе. К обзору природных и экспериментальных

данных у нас возникли следующие замечания. Из него не ясно, какие же признаки приводят различные исследователи в доказательства той или иной модели образования ассоциаций с обеими полиморфными модификациями углерода. Автору следовало бы более четко выделить и охарактеризовать все «про» и «контра» основных моделей, т.е. (1) в ходе метаморфизма, (2) в ходе мантийного метасоматоза, (3) в условиях, близких к равновесию графит-алмаз, (4) метастабильное образование графита в условиях стабильности алмаза. В обзоре рассмотрены данные о графитсодержащих ксенолитах эклогитов, но не рассматриваются находки графитсодержащих перидотитов. В обзоре экспериментальных данных автору следовало бы больше уделить внимание влиянию времени на совместное образование алмаза и графита.

Глава 2 диссертации посвящена описанию использованных методов исследования минералов ксенолитов, алмаза и графита. Замечаний к этой главе нет. В Главе 3 рассматриваются минералого-петрографические характеристики графит и алмазсодержащих ксенолитов эклогитов (26 образцов) и перидотитов (4 образца). В целом описания изученных пород достаточно подробны и аргументированы. *Однако к главе 3 у нас появились следующие замечания и вопросы.*

1. В разделе 3.1, где автор приводит литературные данные о геологическом положении кимберлитовой трубки «Удачная», необходимо было привести схему строения трубки и более детальный обзор типов пород ксенолитов из этой трубки, их количественные соотношения, что можно было бы сделать в виде таблицы. Не понятен тезис автора об «особо глубинном характере кимберлита трубки «Удачная». «Особо» по сравнению с чем и насколько «особо»? Ведь включения ферропериклаза и гранатов с мэйджоритовой составляющей могут быть захвачены и в верхней мантии.
2. Из начала раздела 3.2 (на стр. 23, абзац 2) создается впечатление, что все изученные ксенолиты одновременно содержат оба полиморфа углерода. Однако далее, следуя табл. 3.1, оказывается, что алмаз-графитсодержащих ксенолитов эклогитов в выбранной коллекции всего шесть, а остальные содержат либо только алмаз, либо вообще не содержат ни графит ни алмаз. А это оказывается существенно, поскольку вся глава позиционируется как «характеристика графит- и алмазсодержащих ксенолитов».
3. Разделы 3.2.1 – 3.2.2 нужно было лучше структурировать, дав более четкий парагенетический анализ, отчетливо выделив первичные парагенезисы и парагенезисы, появившиеся в ходе преобразования ксенолитов.
4. Автор упоминает, что «в гранате, омфациите, рутиле, сульфидных глобулах диагностируются структуры распада». Однако, автор далее их не описывает, хотя это может иметь интересный генетический аспект.
5. При описании гранатов следовало бы привести химические профили (в работе присутствует лишь один такой профиль), а не просто указывать, что «гранаты отличаются гомогенность в

пределах зерна» и «химический состав кайм отличается большей магниальностью». Приведенные на стр. 33 широкие вариации составов гранатов просто сбивают с толку, поскольку непонятно, относятся они одному образцу или разным. В ряде образцов описаны гранаты с достаточно резкой зональностью (см. рис. 3.14 и 3.16). К сожалению, автор не рассматривает, в чем причина возникновения такой зональности и к каким парагенезисам относятся гранаты разных составов.

В Главе 4 характеризуются результаты изучения алмазов и графита из ксенолитов, приведены данные о морфологии их кристаллов, КР спектроскопии, дефектно-примесном составе и изотопном составе углерода. Все аналитические исследования, приведенные в этой главе, выполнены на высоком уровне и не вызывают сомнений в их достоверности, хотя интерпретация этих данных может быть различна. ***В ходе чтения этой главы у нас возникли следующие вопросы и замечания.***

1. На стр. 100-101 автор описывает и показывает свидетельства спектроскопии КР напряжения в алмазе вокруг включений графита. К сожалению, из текста не понятно насколько распространены такие «напряженные» включения. Это важно, поскольку, как пишет сам автор, наличие напряжений является свидетельством эпигенетического образования включений графита за счет трансформаций С-содержащих флюидных включений. Судя по тексту, многие характеристики включений графита (форма, напряжения, степень упорядоченности графита) неплохо соответствуют признакам эпигенетических включений, выявленным экспериментально Нечаевым и Хохряковым (2013). И естественно возникает вопрос, а не являются ли все включения графита в алмазах в изученных эклогитах эпигенетическими, а не сингенетическими.
2. Почему изотопный состав углерода графита, измеренные в шлифах на ионном зонде, так сильно отличаются от данных масс-спектрометрических измерений в ИГМ СО РАН? Данные ионного зонда далеки от «среднемантийных значений». Кроме того, вариация  $\delta^{13}\text{C}$  графита, измеренные на ионном зонде, от 0.6 до -2.9 ‰ также требует объяснения. В таблице 4.2 сказано, что сделано 17 измерений, но не понятно, сделаны ли они для разных зерен графита или вариации связаны с зональностью отдельных кристаллов графита.
3. Несмотря на то, что в коллекции эклогитовых ксенолитов, изученной в работе, присутствуют 6 образцов, где одновременно присутствуют графит и алмаз, совместные определения изотопного состава углерода для этих фаз были сделаны лишь для одного образца (UV-01). Основываясь на этих данных (которые, более того, сильно отличаются; см. ниже), на наш взгляд, нельзя достоверно рассуждать об «общности источника углерода для графита и алмаза» (см. стр. 139). В главе приводятся данные  $\delta^{13}\text{C}$  для крупных кристаллов графита, но нет данных об изотопном составе углерода включений графита в алмазах. Эти данные прояснили бы многое в вопросе сингенезиса фаз и источников углерода для них.

5. Основываясь на значениях  $\delta^{13}\text{C}$  -15.16 и -16.14 ‰ в двух алмазах, автор делает вывод о принадлежности углерода к «углероду осадков океанического дня». На наш взгляд, эта формулировка неточна, поскольку осадки океанического дна включают еще и карбонатную составляющую с тяжелыми метками  $\delta^{13}\text{C}$ . Измеренные значения близки к углероду, имеющему отношение к органической составляющей этих осадков.

6. Описывая вариации изотопного состава в кристалле алмаза из образца Uv-567 (стр. 115), автор не указывает, из каких зон кристалла были выбраны фрагменты с графитом и без него.

7. Что хотел продемонстрировать автор, производя КР спектры гранатов (стр. 115)?

В небольшой Главе 5 автор приводит результаты приложения минеральной геотермобарометрии к изученным эклогитовым и ультраосновным ксенолитам. Автор справедливо указывает, что «для биминеральных эклогитов нет надежной системы и методики определения P-T параметров». Для оценок P-T параметров автор использует подход «классической» геотермобарометрии, основанной на калибровках гранат-клинопироксенового термометра и барометра, основанного на ассоциации гранат+клинопироксен+кианит+коэсит/кварц (Ravna & Raquin, 2003). В целом, у нас нет возражений к этому подходу, но возникли *следующие замечания*.

1. Помимо «классических» методов определения P-T параметров, основанных на отдельных геотермометрах и геобарометрах, в настоящее время активно развиваются подходы термобарометрии на основе минимизации энергии Гиббса для систем с заданным валовым составом. Они реализованы в таких программных комплексах как PERPLE\_X (Connolly, 2005), THERMOCALC (Holland & Powell, 2007), THERIAK/DOMINO (De Capitani & Petrakakis, 2010). Они позволяют выделить P-T поля стабильности тех или иных минеральных парагенезисов, определить составы и количества фаз в них и выявить характер изменения P-T параметров. Методы основаны на новейших моделях минералов-многокомпонентных твердых растворов, включая такие компоненты как Cr,  $\text{Fe}^{3+}$ , Mn, Ti и другие. Для реализации этих методов нужен валовый состав системы, что, без условно, проблематично в отношении сильно преобразованных ксенолитов. Однако, имея оценки составов первичных фаз и приблизительные их количественные соотношения, всегда можно «сконструировать» адекватный валовый состав и применить указанные методы. Для «точечной» термобарометрии вполне подходит метод TWQ (Berman, 2007), основанный на расчетах всех возможных взаимосогласованных реакций в системе, а не только отдельных равновесий. В качестве примера приведу замечательную ассоциацию корунд+плагиоклаз+шпинель, развивающуюся между кианитом и гранатом в ксенолитах. Она включает независимые реакции, пересечение которых может помочь оценить P-T параметры для стадии декомпрессии ксенолитов. Ассоциации оливин и гранатсодержащих ортопироксенитов и вебстеритов также вполне подходящи для этого метода.

2. Точечная геотермобарометрия, в том виде, в котором она применена в работе, является сугубо статистическим методом, основанном на скрупулёзном выборе «спариваемых» составов минералов, и одним определением здесь нельзя ограничиваться. В диссертационной работе такой статистический анализ P-T определений не проведен. И в результате появились необоснованные выводы. Например, значения 3.6 ГПа/1070±40°C и 3.4 ГПа/980±40°C считаются разными, хотя очевидно, они находятся в пределах погрешностей использованных методов. Не понятно, откуда взялась точность определения температуры ±40°C, является ли она результатом все же многих определений или просто взята из работы Ellis & Green (1979).

3. На стр. 119 указано, что образец алмаз и графитсодержащего эклогита Uv-536 показывает наиболее высокие параметры по сравнению с другими ксенолитами. Однако на рис. 5.1 приведена точка для образца Uv-108 при ~7 ГПа и ~1330°C. Почему она не рассматривается как пример максимальных значений P-T для алмаз и графитсодержащих эклогитов?

4. Как оценивалась температура образования клинопироксен-плаггиоклаз-калишпатовых симплектитов? Если по гранат-клинопироксеновому термометру, то какой состав граната использовался? Какой полиморф SiO<sub>2</sub> принимался во внимание при оценке давления по равновесию клинопироксен = плаггиоклаз + SiO<sub>2</sub>? Из текста не понятно, приведенные значения P и T для симплектитов (2.3/990°C и 1.2 ГПа/600°C) относятся только к одному образцу (Uv-567) или характерны для симплектитов во всех изученных образцах?

5. Для оценки давления в образцах, где отсутствует кианит, автор использует значения, спроецированные для рассчитанных температур на «геотермический градиент литосферной мантии под трубкой «Удачная»», 40 мВт/м<sup>2</sup> (Boyd et al., 1997). Однако на диаграмме рис. 5.1 видно, что многие образцы, для которых был возможен независимый расчет давления, лежат около или даже выше геотермы 45 мВт/м<sup>2</sup>. Для трех (Uv-01, Uv-567, Uv-83) графит и алмазсодержащих эклогитов давление определялось, по-видимому, по геотерме 40 мВт/м<sup>2</sup>. Но, если использовать значения геотермы 45 мВт/м<sup>2</sup>, эти точки попадут в область стабильности графита. И тогда встанет вопрос метастабильности алмаза в области графита для этих образцов, а не наоборот. А такая постановка вопроса не является новшеством, поскольку алмаз всегда метастабильная фаза в породах, поднятых с глубин. Вопросов нет для трех других образцов графит и алмазсодержащих эклогитов (Uv-67, Uv-108, Uv-536), хотя точка образца Uv-67 в пределах ошибки метода лежит вблизи линии графит-алмаз.

В главе 6 автор диссертационной работы обсуждает особенности процессов кристаллизации алмаза и графита в мантии Сибирского кратона. Он выделяет метасоматические процессы, связанные с транспортировкой ксенолитов кимберлитовой магмой, и процессы, обусловленные метасоматозом в верхней мантии. Однако при чтении разделов 6.1.1 и 6.1.2 **возникает вопрос**: чем отличаются продукты этих двух процессов? Под метасоматозом в верхней мантии автор вероятно подразумевает процессы до захвата ксенолитов магмой. Т.е. эти

процессы должны проходить при высоких давлениях. Однако свидетельств высоких давлений в продуктах преобразования ксенолитов автор не нашел: они все отвечают стадии декомпрессии. Например, образование оливина (стр. 127) автор характеризует как результат мантийного метасоматоза «недосыщенным кремнекислотой протокимберлитового расплава». Каковы же свидетельства образования оливина при высоких давлениях? С другой стороны, образование «губчатого пироксена» автор связывает с «проникновением К и Cl-флюида». Обилие галогенов в изученных эклогитах – это одна из интереснейших их особенностей. К сожалению, автор лишь вскользь в разных частях работы мало обращает внимание на уникальные содержания галогенов в минералах ксенолитов. Так из-за хорошо известной негативной корреляции хлора с магнезиальностью, содержания хлора до 1 мас. % в магнезиальных слюдах эклогитов, а также довольно высокие концентрации Cl в фторсодержащих апатитах соответствуют чрезвычайно высоким летучестям этого компонента во флюидах. Одновременно высокие концентрации Cl и F во флогопитах и апатитах ультраосновных пород (стр. 82 и 86) также свидетельствуют об этом. Более того, присутствие этих особенностей как в эклогитовых, так и в перидотитовых нодулях может свидетельствовать об общности флюида, содержавшего значительную порцию водно-солевой или карбонатно-солевой составляющей. Есть ли какие-нибудь данные о флюидных включениях в изученных алмазах? Солевые включения хорошо известны в алмазах трубки Удачная, в том числе в алмазах, непосредственно извлеченных из эклогитовых ксенолитов (Зедгенизов и др., 2007).

В качестве *дополнительных замечаний* к этой части работы укажем следующее.

1. В качестве объяснения тому факту, что высоконатровые эклогиты более изменены, автор приводит различия в температурах плавления омфацитов с различными содержаниями жадеита. Однако на наш взгляд важным фактором, ответственным за это, является более интенсивный K-Na обмен между омфацитом и флюидом, в ходе которого омфацит теряет Na и образуются всевозможные калиевые фазы (калишпат, стекло, флогопит). Этот эффект был экспериментально изучен в работе Бутвиной и др. (2009; ДАН, Т. 427, стр. 365-369), а эффект KCl на плавление жадеита изучен Сафоновым и др. (2007; ДАН, Т. 415, стр. 105-109). 2. На стр. 126 автор делает заключение, что «совместная кристаллизация графита и образование симплектита маловероятна в силу того, что скорость кристаллизации графита должна превышать скорость кристаллизации низкобарических минералов в несколько раз». Не понятно, откуда это заключение следует (нужны ссылки). Но даже если это так, то приведенные фотографии (напр. рис. 3.12, 3.9) показывают высокую степень идиоморфизма крупных кристаллов графита, означающую свободный рост в малоплотной среде (расплав или флюид). Будучи неравновесным с флюидом, графит растворялся бы и вряд ли сохранил бы совершенство граней. Хотя возможен вариант и того, что графит дорастал во флюиде, ассоциирующемся с симплектитом. Такой вариант автор не рассматривает. Здесь могла бы помочь изотопная зональность кристаллов графита.

3. Утверждение автора на стр. 127 о том, что «в эклогите диагностированы коэзит в сочетании с оливином» не верно. Очевидно, что это совершенно разные парагенезисы. Они иллюстрируют характерный процесс взаимодействия пород с щелочным флюидом. Щелочи «съедают» свободный  $\text{SiO}_2$ , давая возможность кристаллизации недосыщенным кремнеземом фазам. Дополнительной иллюстрацией этому является содалит. Этот процесс хорошо известен для коровых пород, и еще в 1940-60-х годах продемонстрирован Д.С. Коржинским на примере переходов из гранитов в сиениты. В статье Сафонова и Бутвиной (2016), на которую автор ссылается, этот процесс обсуждается и проиллюстрирован в виде диаграмм в координатах активностей щелочей.

4. На странице 132 автор заключает, что «находки крупных включений кристаллов графита в гранате, кианите и омфациите» свидетельствуют о кристаллизации графита до или совместно с этими минералами. Однако на фотографиях, приведенных в работе (рис. 3.9, 3.12, 3.22, 3.31, 4.5, 4.6) нигде нет прямых контактов графита с первичным гранатом или омфацитом, его кристаллы всегда погружены в продукты преобразования ксенолитов. Предполагаемые автором «включения» расположены в трещинах, заполненных симплектитом (рис. 3.9, 3.12). Лишь на рис. 4.7 показан, по-видимому, прямой контакт включения графита в гранате. Но автор не приводит доказательств того, что этот гранат первичный, а не поздняя генерация, связанная с образованием симплектита. На рис 3.9Б четко видны два листочка графита, вытянутых вдоль зонки симплектита, пересекающей кристалл алмаза. Итак, структурные признаки свидетельствуют против кристаллизации графита совместно с алмазом и первичными минералами и подтверждают его кристаллизацию «совместно с образованием вторичного мелкозернистого агрегата» (стр. 132). Почему этот агрегат связан с «внедрением кимберлитового расплава», а не флюида, не понятно.

5. В качестве аргумента в пользу совместной кристаллизации графита с алмаза автор приводит отсутствие графитизации на кристаллах алмаза, даже приближенных к кристаллам графита (Рис. 3.9). Однако отсутствие новообразований графита на алмазах можно объяснить динамическим характером флюидной системы, с которой алмаз реагирует, в отличие от стационарной в экспериментах по графитизации (Нечаев, Хохряков, 2013; Korsakov et al., 2015). Более того, это может быть не просто графитизация, а растворение алмаза с переносом углерода от кристалла и отложением его недалеко от кристалла-источника. Там, где раствор «застаивался», отлагался графит. Так образовывались эпигенетические включения графита в трещинах алмаза, описанные автором. Все зависит от состава флюида, который явно был куда сложнее, чем среды, использованные в экспериментах (вода,  $\text{CO-CO}_2$ ).

6. На стр. 133 автор отмечает, что «образование графита в ортопироксенитах и оливините более дискуссионно», но при этом «сингенетические срастания флогопита и графита» автор считает признаком «метасоматического взаимодействия между флюидом/расплавом и



породообразующими минералами». С этим мы вполне согласны. Но тогда возникает вопрос, откуда такая избирательность графита по отношению к различным породам: в ультраосновных породах он вторичный, а в эклогитах первичный. Хотя размер кристаллов и пространственная приуроченность к поздним ассоциациям в обоих типах пород похожи. Сравнивая перидотиты и эклогиты, необходимо вспомнить выводы в работе Luth (1993; Science, V. 261), где показано, что фугитивность кислорода, определяющая стабильность карбонатов относительно алмаза, и, вероятно, графита, в эклогитах на  $\sim 1$  log единицу выше, чем аналогичные реакции в перидотитах. Т.е. наличие графита в ультраосновных породах заведомо должно соответствовать наличию этой фазы в эклогитах, если эти породы прорабатывались флюидами из одного источника, что, кстати, неплохо подтверждается обилием галогенов.

5. Основываясь на идеях Cartigny et al. (2001), автор предлагает, что вероятной причиной значительных различий изотопного состава углерода для алмаза и графита в эклогите Uv-01 является фракционирование в ходе кристаллизации в условиях открытой системы. В работах П. Картины также показано, что, хотя эффекты изотопного фракционирования могут быть значительные, реально эти сдвиги небольшие. Например, на основе диаграмм распределения изотопных составов алмаза (Cartigny, 2005, Elements, V. 1; Figure 4), кристаллизующегося из  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  можно сделать вывод о том, что сдвиг от изначального значения (5 ‰) составляет максимум 5-6 ‰ в метане, и вряд ли может объяснить различие почти в 10 ‰. Такое различие очевидно не отвечает равновесию между графитом и алмазом с малой величиной фракционирования изотопов углерода. Удивительно, что при длительном времени нахождения в мантии при достаточно высоких температурах, как это утверждает автор в третьем защищаемом положении, алмаз и графит не пришли (и даже не стремились) к изотопному равновесию. Итак, резкие различия в значениях  $\delta^{13}\text{C}$  между графитом и алмазом в образце Uv-01, на наш взгляд, являются показателями различных источников и времени образования алмаза и графита, а значит отрицают их совместное образование.

В Заключение Д.С. Михайленко суммирует главные результаты и выводы работы. Они соответствуют информации, приведенной в соответствующих главах работы, и отражают защищаемые положения.

Необходимо также отметить несколько важных редакционных замечаний.

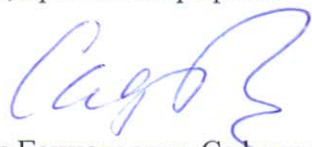
1. «Смесь» русско- и англоязычных надписей на рисунках (напр. на рис. 5.1) и в реакциях (напр. «флюид» и «fluid», «стекло» и «glass» в реакциях на стр. 124) выглядит неопортно.
2. В работе наблюдается нарушение последовательности рисунков. Например, ссылка в тексте на рис. 3.4 идет вперед рис. 3.3, а на рис. 3.8 и 3.10 – перед рисунками 3.3-3.6 и т.д. Некоторые иллюстрации идут задолго до их ссылки в тексте (напр. рис. 3.31).
3. Некоторые иллюстрации, объединяющие несколько фотографий, не имеют общего названия (напр. рис. 3.22) и поэтому не понятна их общая смысловая нагрузка.

4. В списке литературы отсутствуют некоторые ссылки.

Несмотря на многочисленные замечания, достоверность петрологических и аналитических результатов, изложенных в диссертации не вызывает сомнений. Полученные результаты имеют международное признание, что подтверждается публикациями в ведущих международных рецензируемых журналах (рекомендуемых ВАК РФ) и докладами на отечественных и международных конференциях высокого уровня. Возможности использования результатов диссертационной работы связаны с приложением полученных данных к развитию моделей кимберлитого магматизма, мантийного метасоматоза и алмазообразования. Материалы диссертационной работы Д.С. Михайленко представляют интерес для использования в учебных курсах петрологии, геохимии, минералогии.

Диссертация Д.С. Михайленко в целом производит хорошее впечатление. Отмеченные в отзыве недостатки свидетельствуют о сложности решаемых задач и множественности подходов к интерпретации природных данных. Замечания не влияют на общую оценку работы. Диссертация Д.С. Михайленко является законченной научно-исследовательской работой, основанной на большом объеме разноплановых аналитических данных. Уровень исследований и защищаемых положений заслуживают высокой оценки. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает логику всей работы. Диссертация «Минералогия графит- и алмазодержащих ксенолитов из кимберлитовой трубки «Удачная», соответствует квалификационным требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней, а её автор Михайленко Денис Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 «минералогия, кристаллография».

Заведующий лабораторией литосферы ИЭМ  
РАН, доктор геолого-минералогических наук



Олег Геннадьевич Сафонов

Отзыв заслушан и одобрен в качестве официального на заседании Ученого совета ФГБУН Института экспериментальной минералогии РАН (ИЭМ РАН) 6 февраля 2017 года, протокол № 2.

Председатель ученого совета ИЭМ РАН  
член-корреспондент РАН, д.г.-м.н.


Шаповалов Ю.Б.

Ученый секретарь совета, к.г.-м.н.

Федькин В.В.