

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ



ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. В.И. ВЕРНАДСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ГЕОХИРАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института геохимии и
аналитической химии им. В.И.
Вернадского Российской академии наук,
(119991, Москва, ул. Косыгина, 19)
академика РАН

Галимова Э.М.

« » г.

**Официальный отзыв ведущей организации Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии
и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии
наук**

(ГЕОХИРАН)

на диссертационную работу Шарыгина Игоря Сергеевича
«Акцессорные минералы ксенолитов деформированных перидотитов
из кимберлитов трубки Удачная-Восточная (Якутия): происхождение и
петрогенетическое значение», представленной на соискание ученой
степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям
25.00.05 - «минералогия, кристаллография» и 25.00.09 - «геохимия,
геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Рецензируемая работа посвящена комплексному изучению акцессорных минералов в ксенолитах деформированных перидотитов из уникальных неизмененных кимберлитов трубки Удачная-Восточная (Якутия) и их влиянию на геохимические характеристики ксенолитов.

Целью работы являлась реконструкция процессов преобразования вещества пород основания литосферной мантии Сибирского кратона по результатам изучения акцессорных минералов в ксенолитах деформированных перидотитов из кимберлитов трубки Удачная-Восточная.

В основе работы лежит каменный материал, представленный коллекцией из 25 образцов уникальных неизмененных ксенолитов деформированных перидотитов трубки Удачная-Восточная. Получен большой объем информации, который был интерпретирован и использован для решения проблем петрогенезиса как ксенолитов перидотитов, так и вмещающих кимберлитов. Диссертант освоил и применил многие из современных аналитических методов, позволяющих идентифицировать минералы и определять их состав, а также методики изучения расплавных включений в минералах.

Актуальность работы определяется тем, что акцессорные минералы в ксенолитах, являются уникальным источником петрогенетической информации о процессах преобразования вещества пород *in situ* в мантии и во время их транспортировки к поверхности, кроме того акцессорные минералы из кимберлитов остаются слабо исследованными. Помимо этого, изучение акцессорных минералов позволяет реконструировать составы мантийных флюидов и расплавов, взаимодействующих с первичным веществом мантии.

Новизна и практическая значимость работы представляется очевидной. Впервые исследованы вторичные раскристаллизованные расплавные включения в породообразующих минералах мантийных ксенолитов из кимберлитов. Показано что в ксенолитах деформированных перидотитов трубки Удачная-Восточная помимо минералов первичного парагенезиса (породообразующие силикаты и акцессорные Fe-Ni-Cu-сульфиды) диагностировано значительное количество наложенных акцессорных минералов, представленных 34 минеральными видами. Причем 11 минеральных видов (расвумит, галит, сильвин, афтиталит, беркеит, тихит, ньеререит, шортит, нортупит, зйтелит и арагонит) впервые установлены в мантийных породах. Показано критическое влияние акцессорных минералов на валовые геохимические характеристики ксенолитов перидотитов. Получены первые свидетельства кристаллизации беркеита и тихита, типичных минералов эвапоритов, в магматических системах. Джерфишерит в

мантийных ксенолитах предложен в качестве минерала-индикатора изначального обогащения хлором кимберлитовых расплавов.

Диссертация состоит из введения, 7 глав и заключения общим объемом 248 страниц. Список литературы включает 264 наименования. Соискатель достаточно полно проиллюстрировал текст большим количеством табличных данных, графиков, схем и фотографий.

Во введении кратко обсуждаются актуальность и фактический материал, диссертации.

В первой главе приводится обзор публикаций, посвященных изучению акцессорных минералов в ксенолитах мантийных пород из кимберлитов. Причем рассматриваются только наложенные акцессорные минералы. В конце главы на основании литературных данных автор суммирует информацию о возможном генезисе наложенных акцессорных минералов в мантийных ксенолитах из кимберлитов. Основным замечанием к этой части работы является следующее. Автор ограничился только наложенными акцессорными минералами (это связано с тем, что результаты работы в основном связаны с ними). Однако, автору также следовало хотя бы кратко уделить внимание работам, посвященным изучению первичных акцессорных Fe-Ni-Cu сульфидов в ксенолитах, а также акцессорным минералам эксклюзионного генезиса, находящимся в виде ориентированных включений в породообразующих минералах ксенолитов.

Вторая глава состоит из нескольких разделов, в которых приводится краткий очерк геологического строения Далдыно-Алакитского района Якутской алмазоносной провинции, к которому относится трубка Удачная-Восточная, описывается строение трубки, дана минералого-петрографическая характеристика неизмененных кимберлитов и ксенолитов деформированных перидотитов. Кроме того, в этой главе приводится небольшой обзор литературы, посвященной изучению деформированных перидотитов. Дается обоснование выбора неизмененных деформированных перидотитов трубки Удачная-Восточная в качестве объекта исследования. Недостатки главы. Возможно стоило для четкости изложения разделить ее на две части: геологическое строение района и минералого-петрографическая характеристика.

Третья глава посвящена использованным методам. Нарекание к этой главе отсутствуют. Описание пробоподготовки, методик и аппаратуры сделано

детально и исчерпывающе. Особенно детально автор описал методику исследования фазового состава расплавных и флюидных включений недеструктивным методом спектроскопии комбинационного рассеяния света. Большим достижением диссертанта является полученные навыки работы с расплавными включениями (особенно их вскрытие и полировку), содержащими щелочные хлориды, карбонаты и сульфаты, то есть гигроскопичные минералы.

В главах с четвертой по шестую изложены результаты исследования аксессуарных минералов ксенолитов деформированных перидотитов. В четвертой главе приводятся результаты исследования полисульфидных глобул в породообразующих минералах ксенолитов. Показано, что существуют два типа глобул: изолированные и неизолированные, через которые проходят трещины, секущие минерал-хозяин. Первые состоят из пирротина, пентландита и халькопирита, тогда как для вторых, помимо Fe-Ni-Cu-сульфидов, характерно присутствие джерфшерита, располагающегося по периферии глобул. На этом основании автор делает вывод, что Fe-Ni-Cu-сульфиды являются первичными минералами ксенолитов, а джерфшерит - наложенным. К сожалению эта глава является довольно краткой по сравнению с главами 5 и 6. В частности, следовало более подробно рассмотреть вариации состава первичных Fe-Ni-Cu-сульфидов. Захват сульфидных включений в виде глобул по всей вероятности связан с возникновением силикатно-сульфидной ликвации а минеральный состав отражает раскристаллизацию Mss.

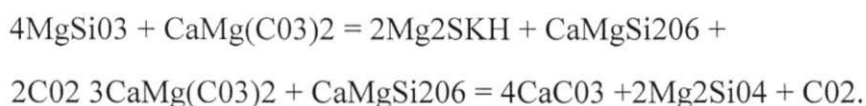
Пятая глава посвящена результатам изучения вторичных расплавных включений в оливине ксенолитов и вторичных флюидных включений в ортопироксене ксенолитов. Автором определен фазовый состав расплавных и флюидных включений. Проведены термометрические и криометрические эксперименты. Также приводятся оценки состава расплава, проникавшего по трещинам в оливине. Результаты изучения вторичных расплавных включений в оливине ксенолитов легли в основу первого защищаемого положения. Имеются замечания к этой главе:

- 1) Автор перечисляет несколько критериев, по которым он обосновано отнес расплавные включения в оливине к вторичным, как то: приуроченность к разнонаправленным залеченным трещинам, выходящим на поверхность кристаллов, и затронутость включений процессом расшнуровывания, в результате

чего включения в одной трещине имеют различную форму, разное количество кристаллических фаз и характеризуются широким диапазоном температур гомогенизации. Однако, автор не акцентировал внимание еще на одном очень важном критерии: расположение микровключений по различным плоскостям.. Это хорошо видно, например, на Рис. 5.9 и 5.12. Тем не менее, в автореферате автор устранил этот недочет.

2) В заключении к главе 4 автор дает оценки состава расплава, проникшего по трещинам в оливин, называя его щелочно-карбонатным или щелочным силикатно-карбонатным (преимущественно карбонатным). Следует отметить, что понятие карбонатит носит довольно общий характер и включает целый ряд пород-фоскориты, севиты, доломитовые карбонатиты и др. Поэтому для характеристики расплава, взаимодействовавшего с ксенолитами, уместно дать более определенное название.

В шестой главе приводятся результаты изучения акцессорных минералов в межзерновом пространстве ксенолитов. Автором выделены первичные минералы, представленные Fe-Ni-Cu сульфидами, и наложенные, представленные, по крайней мере, 17 минеральными видами. Обоснование наложенного характера последних представляется убедительным. Результаты изучения наложенных акцессорных минералов в межзерновом пространстве ксенолитов легли в основу второго защищаемого положения. Эта глава насыщена фактическим и очень интересным минералогическим материалом. Показаны реакционные взаимоотношения ряда минералов. Все эти данные показывают исключительную сложность поздних близосolidусных процессов в ходе взаимодействия первичного материала и метасоматического расплав-флюида. Тем не менее на наш взгляд надо было бы выделить главные равновесия, которые например определили развитие клинопироксена по ортопироксену-так называемая верлитизация, которая идет по следующим реакциям



В седьмой главе диссертантом, на основании проведенных исследований в сочетании с анализом литературных данных, изложены выводы по возможному генезису наложенных акцессорных минералов ксенолитов деформированных

перидотитов. Эти выводы хорошо аргументированы и представляются обоснованными. В первом разделе главы 7 обсуждаются результаты изучения вторичных расплавных включений. Показана идентичность их минерального состава с минералогией основной массы вмещающих кимберлитов, что свидетельствует о генетической связи расплава, проникавшего в ксенолиты, и кимберлитового расплава. Помимо, этого в разделе приводятся другие аргументы подтверждающие генетическую связь. Автор предполагает, что расплав, законсервированный в расплавных включениях в оливине ксенолитов, может являться кимберлитовым. Присутствие арагонита в расплавных включениях является убедительным доказательством их формирования на мантийных глубинах. Следует отметить, что известны находки включений арагонита в оливине из Калатравы, которые были проинтерпретированы как свидетельство существования карбонатитовых расплавов на глубинах более 100 км (Humphreys, 2010). Результаты, полученные автором, имеют важное значения для петрогенезиса кимберлитов так в микровключениях законсервированы все компоненты, которые могут быть потеряны в процессах дегазации кимберлитов и постмагматических реакциях. Результаты изучения этих включений свидетельствуют об обогащении кимберлитовых расплавов CO_2 , щелочами и хлором на мантийных глубинах. Содержание этого раздела главы 7 вошло в первое защищаемое положение.

Во втором разделе главы 7 обсуждаются результаты изучения наложенных акцессорных минералов в межзерновом пространстве ксенолитов. На основе анализа экспериментальных данных по стабильности тех или иных минералов, автором делаются выводы о возможных P - T параметрах кристаллизации наложенных минералов в межзерновом пространстве ксенолитов. Автор предполагает, что образование большинства минералов в межзерновом пространстве ксенолитов является результатом инфильтрации расплава, генетически связанного с кимберлитами. Этот вывод основан на схожести состава наложенных минералов ксенолитов и минералов основной массы вмещающих кимберлитов. Диссертант показал, что наложенные акцессорные минералы являются продуктами как реакций этого расплава с первичными минералами ксенолитов, так и непосредственной раскристаллизации расплава, преобразованного в результате реакций. Содержание этого раздела главы 7 вошло

во второе защищаемое положение. Содержание третьего раздела главы 7 не нашло свое отражение в защищаемом положении, однако оно является важным для петрогенезиса кимберлитов. В настоящий момент неизменные кимберлиты трубки Удачная-Восточная является единственным в мире примером кимберлитов с высокими содержаниями щелочей и хлора. Это послужило отправной точкой для развития гипотезы о богатом щелочами и хлором кимберлитовом расплаве. Однако, то что трубка Удачная-Восточная является единственной в своем роде, вызывает определенный скепсис у кимберлитового сообщества. Подобная проблема существует и в области петрологии карбонатитов. Всего на Земле известно более 500 проявлений карбонатитов, однако натрокарбонатиты вулкана Олдоиньо-Ленгаи являются единственным в мире примером карбонатитов с высокими содержаниями щелочей и хлора. Другие карбонатиты характеризуются низкими содержаниями щелочей. Результаты изучения натрокарбонатитов Олдоиньо-Ленгаи показали, что щелочи и хлор в них сконцентрированы в водорастворимых минералах (щелочных карбонатах и хлоридов), которые разлагаются в результате постмагматической гидратации. Результаты изучения различных карбонатитов показали, что в качестве включений в минералах карбонатитов, таких как перовскит или кальцитрит, и таким образом защищенных от воздействия постмагматических изменений, присутствуют щелочные карбонаты и джерфишерит, свидетельствующие о щелочном характере карбонатитовых расплавов во многих проявлениях мира (например, Kogarko et al., 1991). Диссертантом был применен подобный подход к кимберлитом. В качестве критерия обогащенности кимберлитовых расплавов щелочами хлором им был выбран джерфишерит в мантийных ксенолитах. Джерфишерит, часто присутствует в щелочно-ультраосновных и карбонатитовых породах сложных магматических комплексов, где он является позднемагматическим минералом, кристаллизующимся из остаточных жидкостей обогащенных щелочами и хлором. Соискатель связал происхождение джерфишерита в мантийных ксенолитах с инфильтрацией кимберлитового расплава. Таким образом, диссертант делает вывод о том, что присутствие джерфишерита как в кимберлитах, так и в мантийных нодулях указывает на то, что хлор и щелочи являлись важными компонентами значительной части кимберлитовых расплавов, а не только трубки Удачная-Восточная.

В четвертом разделе на основе масс-баланса, используя данные по редкоэлементному составу наложенных и первичных минералов, валовому составу ксенолитов и вмещающих кимберлитов, диссертантом показано критическое влияние акцессорных наложенных минералов, связанных с кимберлитовым магматизмом, на валовые геохимические характеристики ксенолитов. Важность этого вывода заключается в том, что валовый редкоэлементный состав ксенолитов перидотитов из кимберлитов используется для реконструкции эволюции вещества СКЛМ. Содержание этого раздела главы 7 вошло в третье защищаемое положение.

Замечание к 7 главе состоит в том, что не совсем ясен генезис метасоматического расплав-флюида настолько обогащенного солевыми компонентами. В отношении состава щелочно-карбонатитового расплава Ольдонио-Ленгаи - есть идеи об осадочной добавке срлевых компонентов к этой вулканической системе (Nilsen, Veksler, 2001). Рецензент склонен к первичному мантийному источнику этих летучих и солевых составляющих. Ластичное плавление мантийного субстрата с добавками углекислоты приводит к формированию магнезиокарбонатных расплавов (Dalton, Presnal, 1998, Wyllie, 1995, Dalton, Wood, 1993) находящихся в поле кристаллизации доломита и магнезита. Возникает вопрос как получить более кальциевый состав, обогащенный щелочами, серой, хлором и другими летучими компонентами, соответствующий карбонатитам.

В заключение необходимо отметить, что защищаемые положения обоснованы не только результатами проведенных соискателем исследований, но и глубоким теоретическим анализом опубликованных данных. Обширный список использованной литературы свидетельствует о широком кругозоре и углубленном ознакомлении с поставленными задачами. Диссертантом опубликовано 32 печатных работы, в том числе 7 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Апробация работы была проведена на российских и международных конференциях. Приведенные в отзыве замечания не являются критическими и могут быть учтены в последующей работе. Следует отметить, что объекты для изучения чрезвычайно сложные, работа по их изучению проведена большая и скрупулезная, существующие методы использованы в полном объеме. Автореферат и опубликованные работы отражают содержание работы. Сделанные

соискателем выводы отражают содержание проделанной им работы. Полученные И.С. Шарыгиным результаты вносят существенный вклад в минералогию и геохимию ксенолитов из кимберлитов, а также в решение проблем петрогенезиса кимберлитового магматизма.

Представленная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и даже превышает их, и автор заслуживает присуждение ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.05 -«минералогия, кристаллография» и 25.00.09 - «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Заведующий лабораторией
«Геохимии и рудоносности
щелочного магматизма»
д.г.-м.н., академик РАН

 Когарко Л.Н.

**Отзыв заслушан и утвержден на заседании Ученого Совета
ГЕОХИ РАН 22 октября 2014 года (выписка из протокола N 8
прилагается).**