

В диссертационный Совет Д 003.059.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск.

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Калашниковой Татьяны Владимировны
«Геохимические характеристики и петрогенезис мантийных ксенолитов из кимберлитовой трубки Обнаженная (Якутская кимберлитовая провинция)»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертация Калашниковой Татьяны Владимировны посвящена фундаментальной проблеме экспериментальной минералогии - реконструкции вероятных условий образования пород и минералов ксенолитов в широком диапазоне РТ-условий и сравнительному анализу с петролого-минералогическими данными по закономерностям строения и параметрам образования литосферной мантии других районов. Работа базируется на большом фактическом и аналитическом материале. При изучении полученных образцов был использован комплекс современных методов.

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы из 185 наименований. Объем диссертации составляет 258 страниц, включая 94 рисунка и 26 таблиц. Материалы диссертации опубликованы в 25 работах, в том числе 4 статьях, из которых 3 в рецензируемых журналах по перечню ВАК, основные результаты были представлены автором на ряде российских и международных конференций.

Научная новизна

На основе изучения химического состава минералов впервые был детально исследован процесс метасоматических преобразований в ксенолитах из трубки Обнаженная, получены первые данные по содержанию редких элементов во флогопитах, амфиболах и ильменитах из данной трубки. Было отмечено, что во флогопит-амфиболовых парагенезисах состав граната значительно не изменяется и мало отличается от граната в образцах без метасоматических изменений. Амфибол и флогопит развиваются преимущественно по пироксену, являясь свидетельством модального флогопит-амфиболового метасоматоза. Метасоматизирующие агенты были обогащены элементами группы HFSE, REE, а также кальцием и щелочами.

В работе приводятся новые данные по содержанию элементов платиновой группы и Re-Os изотопные характеристики ксенолитов. Особенности фракционирования PGE (Os, Ir, Rh, Pt, Pd) и Re в валовых пробах ксенолитов из трубки Обнаженная указывают на

наличие не менее двух этапов в процессе формирования и преобразования литосферной мантии.

Впервые были детально проанализированы флогопит-ильменит содержащие ксенолиты из данной трубки, получены их геохимические характеристики и возрастные датировки, что позволило предположить их генезис. Для флогопитов из безгранатовых Phl–Ilm гипербазитов был получен возраст ~850-870 млн. лет. Датировки флогопита ~600-460 млн. лет соответствуют гранат-содержащим Phl–Ilm гипербазитам и, возможно, отвечают этапу воздействия расплавов с высоким содержанием калия, титана и щелочей. Также часть образцов обладают признаками деформации (деформированные пластинки флогопита, веерообразные и розетковидные выделения амфибола – рихтерита) и сходством по распределению редких элементов с кимберлитовыми породами. Датировка флогопита одного из таких образцов (167 млн. лет) соответствует возрасту прорыва кимберлитового тела.

Актуальность данной работы не вызывает сомнений, так как формирование литосферной мантии древних кратонов и ее последующей эволюции под влиянием метасоматических процессов является одной из фундаментальных проблем развития Земли. Прямым источником информации о составе литосферной мантии являются ксенолиты мантийных пород, выносимые на поверхность породами глубинного происхождения, в частности, кимберлитами. Согласно доминирующей гипотезе, при высокой степени плавления первоначальной примитивной мантии образовывались коматиитовые и базальтовые расплавы, а также комплементарные к ним деплетированные гарцбургитовые реститы. В дальнейшем происходило изменение состава минералов реститов под воздействием флюидов или расплавов карбонатно-силикатного состава, но конкретный процесс эволюции мантийных пород по-прежнему весьма дискусионен.

Как показано автором диссертации, среди мантийных ксенолитов из трубки Обнаженная распространены Sp, Sp-Gt, Gt перидотиты, Gt, Sp-Gt пироксениты, эклогиты, также присутствуют флогопит-ильменитовые и флогопит-амфиболовые породы, в которых проявился модальный метасоматоз. Несмотря на то, что ксенолиты из трубки Обнаженная изучались рядом исследователей, генезис мантийных пород этого сегмента литосферы остается дискусионным. Флогопит-содержащие ксенолиты до настоящего времени оставались относительно слабо изученными как по вещественному составу, так и по времени их формирования. Детальные петрографические, минералогические и геохимические исследования ксенолитов из кимберлитовых трубок позволяют дополнить информацию о составе и строении литосферной мантии под северной частью Сибирского кратона и сделать ряд выводов о ее происхождении. В последнее время в научной

литературе уделяется большое внимание флюидному режиму в мантии в процессе образования алмазов, что, несомненно, требует сравнительного анализа закономерностей природного алмазообразования в мантии и создания корректных петрологических моделей строения литосферы в различных сегментах Сибирской платформы.

В результате проведенных исследований были получены данные по составу, строению и термальному режиму литосферной мантии под северо-восточной частью Сибирского кратона. Сделанные диссертанткой выводы вносят существенный вклад в изучение состава литосферной мантии под Сибирским кратоном и будут востребованы исследователями, специализирующимися на проблемах мантийной петрологии, а также геологическими организациями, занимающимися поисками алмазов.

Целью работы являлось выяснение условий происхождения различных генетических разновидностей мантийных ксенолитов из трубки Обнаженная, а также выявление особенностей состава литосферной мантии и процессов, влиявших на ее становление в районе Куойкского поля. Для достижения поставленной цели автором решались следующие основные задачи:

1. Детальное петрографическое изучение образцов мантийных ксенолитов;
2. Исследование геохимических особенностей пород и распределения главных и редких элементов в минералах;
3. Определение P-T условий формирования ксенолитов;
4. Изучение природы метасоматических изменений в минералах;
5. Датирование геологических процессов в литосферной мантии под северо-восточной частью Сибирского кратона ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод; Re-Os изотопный метод).

В первой главе диссертации «Мантийные ксенолиты из кимберлитов как источник информации о составе и строении литосферной мантии под древними кратонами» представлен литературный обзор существующих представлений о строении литосферной мантии. Обзор составлен достаточно профессионально, сделаны необходимые обоснования цели и задач по теме диссертации.

Вторая глава посвящена геологической характеристике района исследований. Глава написана лаконично, представленные сведения замечаний не вызывают.

В третьей главе приведено детальное петрографическое описание образцов исследуемых ксенолитов, в том числе по группам выделенных пород с соответствующей иллюстрацией их цветными фотографиями. Здесь же рассмотрены проявления мантийного $\text{Phl} - \text{Amph}$ метасоматоза, в породах магнезиальной группы, что проиллюстрировано с помощью качественных цветных фотографий.

В главе 4 – «Петрохимический и редкоэлементный состав ксенолитов» на основании исследованной коллекции из 75 образцов ксенолитов из трубки Обнаженная рассмотрены данные анализов, обсуждены результаты и петрохимические особенности выделенных типов пород с использованием различных диаграмм.

В главе 5 - «Состав минералов мантийных ксенолитов» рассмотрен химический состав минералов из ксенолитов трубки Обнаженная: оливина, клино- и ортопироксена, гранатов, шпинелидов и других породообразующих минералов с увязкой по трем выделенным группам пород. Здесь же рассмотрено содержание и распределение редких элементов в основных минералах мантийных ксенолитов, что прекрасно проиллюстрировано соответствующими диаграммами. В подразделе - Модальные метасоматические изменения в образцах мантийных ксенолитов сделан вывод о том, что воздействие метасоматизирующих расплавов на породы магнезиальной группы не привело к значительному обогащению их редкими элементами.

Глава 6 - «Изотопные исследования» написана по данным прецизионных исследований изотопов кислорода гранатов и других минералов ксенолитов, которые позволили автору на основании значений $\delta^{18}\text{O}$ значительно выше мантийных связать образование эклогитов и железистых клинопироксенитов с субдукционными процессами. В этой главе приведены сведения по возрасту некоторых флогопитов, полученные методом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования в ксенолитах Mg-группы и выделено несколько групп их образования от 1640-1800 млн. лет и до 167 млн. лет (возраста внедрения кимберлитов этой трубки) с корректной интерпретацией результатов. Здесь же приведены очень интересные данные по геохимии элементов платиновой группы (Os, Ir, Pt, Pd, Re), особенности фракционирования которых, в валовых пробах ксенолитов из трубки Обнаженная, хорошо согласуются с фракционированием сульфидов, а также Re-Os изотопным исследованиям, результаты интерпретации которых автором определяют возраст формирования ксенолитов трубки Обнаженная в пределах 2.19 – 3.38 млрд. лет.

В заключительной главе 7 - «Происхождение литосферной мантии под кимберлитовой трубкой Обнаженная» обобщены результаты по P-T-условиям формирования мантийных ксенолитов, показано, что выделенные три группы пород ксенолитов были вынесены кимберлитовыми расплавами с различных глубин. Показано, что породы магнезиальной группы из трубки Обнаженная демонстрируют относительно низкие P-T параметры формирования: $T = 535 - 764^\circ\text{C}$, $P = 12.8 - 27.4$ кбар, а геотерма под трубкой Обнаженная близка линии теплового потока 45 мВт/м^2 . Горячая геотерма под трубкой Обнаженная объясняется тем, что литосферная мантия была разогрета пермотриасовым плюмом, этим же объясняется и то, что глубина литосферной мантии на

северо-востоке Сибирского кратона значительно меньше (на 70-120 км), чем под трубкой Удачная (240 км), хотя, по мнению оппонента, этот вопрос весьма дискуссионный. Не очень понятна необходимость приведения в этой главе рис. 7.2. Содержание MgO-CaO в породах магнезиальной группы...

Защищаемые положения диссертации:

1. В строении литосферной мантии на северо-востоке Сибирского кратона в районе кимберлитовой трубки Обнаженная преобладают *Sp*, *Sp-Grt*, *Grt* гарцбургиты, лерцолиты, оливинные вебстериты и *Sp-Grt*, *Grt* вебстериты (т.н. магнезиальная группа). Породы представляют собой реститы от частичного плавления примитивной мантии, в дальнейшем преобразованные метасоматизирующими расплавами. На основании *Re-Os* изотопных датировок предполагается время формирования протолита Mg-группы 2.2 – 2.4 млрд. лет назад.

2. В породах магнезиальной группы наблюдаются метасоматические преобразования (1.7-1.8 млрд. лет), которые выразились в интенсивном развитии флогопита и амфибола по тироксену, привносе *Nb*, *Ta*, *REE*. На основании распределения *PGE* и *Re-Os* изотопных отношений, а также распределения редких элементов в минералах предполагается воздействие астеносферных расплавов и привнос *Pt*, *Pd* и *Re*.

3. В строении литосферной мантии в районе трубки Обнаженная выделяется группа *Phl-Plt* гипербазитов и порфиридных слюдитов, обогащенных *K*, *Fe*, *Ti*. Возраст формирования *Phl-Plt* гипербазитов, оцененный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом по флогопитам, составляет 850-500 млн. лет, а деформированных слюдитов – 167 млн. лет, что соответствует возрасту трубки.

Рассматривая диссертационную работу в целом, можно констатировать, что основные результаты и выводы достаточно аргументированы. Представленные сведения хорошо иллюстрированы. Защищаемые положения нашли отражение в опубликованных печатных работах. Автореферат диссертации написан хорошим профессиональным языком, с соблюдением формы и содержания научного исследования. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Предпринятое Т.В. Калашниковой изучение литосферной мантии в районе трубки Обнаженная, и сравнение с особенностями состава мантии из кимберлитовых трубок других полей Якутской алмазоносной провинции, позволило автору диссертации выявить ряд особенностей, отличающих состав и строение мантии этого сегмента литосферы и приблизиться к пониманию проблемы формирования окраинных зон Сибирской платформы.

Анализ полученных результатов и выводов позволяет утверждать, что защищаемые положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, вполне

обоснованы. Новизна исследования, достоверность полученных результатов определяется большим объемом полученных данных и корректным исследованием пород и минералов ксенолитов современными аналитическими методами. Исследование, проведенное автором, имеет существенное значение для науки и практики. Полученные данные могут быть использованы для реконструкции состава литосферной мантии различных полей Якутской кимберлитовой провинции.

В то же время следует отметить некоторые замечания:

-По нашему мнению, методические вопросы проведения анализа состава пород и минералов, а также исследований по содержанию редких и примесных элементов и изотопных исследований целесообразно было осветить в отдельной главе, а не по соответствующим разделам

-Представляется неправомерным говорить о наличии различных генераций шпинелей в перидотитах (рис. 2, автореферат), рассматривая шпинели из графических сростаний с пироксеном, включений в гранате, из мелких симплектитовых сростков и мелкозернистых червеобразных выделений в межзерновом пространстве и в структурах распада пироксенов.

-В работе несколько неконкретно рассмотрены вопросы метасоматических преобразований ксенолитов, которые или увязываются с воздействием метасоматических расплавов, при этом, непонятно, что это за расплавы или же указывается, что природа метасоматирующих агентов имела силикатный характер со ссылкой на (рис. 16, автореферат), где дано распределение содержаний редкоземельных элементов.

-Из материалов диссертации, не видно относит ли автор порфирировидные слюдиты к мантийным ксенолитам, захваченным и преобразованным под воздействием кимберлитовой магмы, или же они являются производными кимберлитовой магмы, поскольку их возраст соответствует возрасту внедрения трубки Обнаженная.

-В работе данные по строению литосферной мантии под Обнаженной распространяются на все Куойское поле, что представляется не совсем корректным, а приведенный материал по другим трубкам Слюдянка и Пятница из этого же поля никак эти сведения не подтверждает. По мнению оппонента, для конкретизации выводов, следовало привлечь литературные материалы по составу гранатов из различных трубок данного поля.

-Следует отметить, что отчасти за пределами интереса диссертанта осталась проблема образования и последующей эволюции в мантийном субстрате под трубкой Обнаженная достаточно широко распространенных гранат-клинопироксеновых пород основного состава, представленных эклогитами и гранатовыми вебстеритами.

Высказанные замечания имеют непринципиальный характер в отношении защищаемых положений, отнюдь не умаляют и не снижают общей высокой оценки работы и носят характер пожеланий в дальнейших исследованиях автора при решении проблемных вопросов петрологии мантии. Представленные в работе данные, несомненно, помогут в создании новых более достоверных моделей строения литосферной мантии в различных районах Якутской кимберлитовой провинции. Диссертационная работа Калашниковой Татьяны Владимировны на тему «Геохимические характеристики и петрогенезис мантийных ксенолитов из кимберлитовой трубки Обнаженная (Якутская кимберлитовая провинция)», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, что соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 30.01.2002 г. № 74 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 20.06.2011 г. № 475), а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени.

Официальный оппонент,

доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией «Петрологии и минералогии алмазных месторождений» Комплексного отдела исследований алмазов и руд Научно-исследовательского геологического предприятия НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) Специус Здислав Витольдович

Адрес: г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16, тел. 841136-45771, spetsiuszv@alrosa.ru

Я, Специус Здислав Витольдович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись

З.В. Специус

Подпись Специуса З.В. удостоверяю,

специалист по кадрам НИГП

АК «АЛРОСА» (ПАО)

Дата оформления отзыва - 04 декабря 2017 г.



Л.Б. Пронина