

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата геолого-минералогических наук Калашниковой Татьяны Владимировны на диссертацию Ашихмина Дмитрия Сергеевича на тему: «Геохимические особенности минералов перидотитов в мантийных ксенолитах из щелочных базальтов архипелага Шпицберген», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Представленная диссертационная работа Ашихмина Дмитрия Сергеевича посвящена изучению перидотитовых ксенолитов из базальтов вулкана Сверре архипелага Шпицберген, их геохимическим особенностям, химическому составу минералов, изотопным характеристикам и расчетам P-T параметров кристаллизации ксенолитов.

Автором диссертации была выбрана актуальная и значимая тема исследования. Ксенолиты, вынесенные на поверхность базальтами различных геодинамических обстановок, представляют собой породы литосферной мантии. Изучение геохимических характеристик мантийных ксенолитов позволяет судить о составе, степени гетерогенности и эволюции мантийных пород, а также оценить P-T параметры верхней мантии. В связи с обширными исследованиями мантийных ксенолитов, начиная с середины прошлого века, собран огромный объем информации об их минеральном и химическом составе (Haskin et al., 1966; Suen et al., 1979; Ottonello et al., 1984; Frey, 1984; McDonough, Frey, 1989; Ionov, 1998; Ionov et al., 2019; Tang et al., 2020). Использование новых локальных методов (SIMS, LA-ICP-MS), получивших широкое развитие в последние десятилетия, позволяет изучить минералы ксенолитов на новом уровне, выявить новые закономерности и особенности поведения редких и редкоземельных (REE) элементов в мантийных процессах. Особый интерес в исследованиях Арктики представляет архипелаг Шпицберген, изучением его геологической истории занимаются многочисленные исследователи. Детальные петрографические, минералогические и геохимические исследования ксенолитов из базальтов данного архипелага позволяют дополнить информацию о составе и строении литосферной мантии, сделать ряд выводов о происхождении архипелага Шпицберген и его взаимосвязи с другими крупными геологическими структурами.

Автором диссертации впервые был изучен редкоэлементный состав породообразующих минералов, контактирующих с карманами плавления в мантийных перидотитах. На основе содержания редких элементов была предложена новая классификация ксенолитов из базальтов архипелага Шпицберген, выявлены контрастные по содержанию редких элементов генерации породообразующих минералов и установлено закономерное изменение состава минералов под воздействием мантийного метасоматоза.

Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав и заключения. Она содержит 36 рисунков, 21 таблицу, список литературы со 146 наименованиями и 6 приложений с аналитическими данными. Общий объем составляет 164 страницы. Автор выдвигает и последовательно аргументирует в соответствующих разделах и главах три защищаемых положения, каждое из которых является актуальным и содержит научную новизну.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи и научная новизна проведенного исследования, раскрыты его теоретическая и практическая значимость, указаны использованные автором методы исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

ОТЗЫВ

ВХ. № 363 -9 от 17.09.21
АУ УС

В первой главе автор делает обзор гипотез происхождения перидотитов литосферной мантии. Вслед за большинством исследователей автор принимает гипотезу реститового происхождения перидотитов и их дальнейшее преобразование вследствие метасоматических процессов. Также автор указывает основные типы метасоматоза по типу воздействия на протолит (по O'Reilly & Griffin, 2013 и другие): модальный (modal), скрытый (cryptic) и невидимый (stealth). Кроме того, в данной главе обсуждаются вопросы способа проникновения метасоматизирующих флюидов в первоначальную породу, их возможного химического состава и вопросы датирования метасоматических процессов. В данной главе автором также был сделан обзор опубликованных литературных данных по перидотитовым ксенолитам из базальтов вулкана Шпицберген и рассмотрены существующие гипотезы их происхождения. Однако в данной главе не упомянуты некоторые важные статьи по Lu-Hf и Re-Os изотопной систематике перидотитовых ксенолитов Шпицбергена и оценки их химического состава, которые рассматриваются и обсуждаются в заключении в 7 главе (Choi et al, 2010; Никитина и др., 2010; Гончаров и др., 2015, а также Tang et al., 2020; Gregoire et al., 2010). Кроме того, в уже данной главе появляется термин «карман плавления», который кажется рецензенту не очень удачным. В англоязычной литературе используется термин «melting pocket» (Liu et al., 2007; Gillet et al., 2005 и другие) при изучении минералов и обсуждении вопросов происхождения магм. Однако в русскоязычных статьях на порядки чаще используются термины «участки плавления», «расплавные включения», которые являются более общими по смыслу. Соответствующие англоязычные термины «также являются общеупотребительными».

Во второй главе приведено описание геологического строения архипелага Шпицберген, а также геологическое положение вулкана Сверре и возраст его четвертичного вулканизма. Данная глава хорошо структурирована и вопросов не вызывает.

В третьей главе охарактеризованы методы исследования, использованные в работе. Состав минералов по главным элементам изучен методом SEM-EDS на рентгеновском микроанализаторе JEOL JSM-6510LA (ИГГД РАН). Содержание редких и редкоземельных элементов в минералах и стекле определено методом SIMS на ионном микрозонде Cameca IMS-4f (ЯФ ФТИАН). Породы ксенолитов были проанализированы на содержание главных элементов методом XRF (ВСЕГЕИ). Концентрации редких и редкоземельных элементов в породах определены методом ICP-MS (ВСЕГЕИ). Редкие элементы в шпинелях анализировались методом LA-ICP-MS (Университет науки и технологий, Хэфэй, Китай). Изотопный Sm-Nd состав мантийных ксенолитов был изучен с помощью масс-спектрометра ThermoFinnigan MAT TRITON (ЦИИ ВСЕГЕИ). Следует отметить, что автор использовал все доступные ему аналитические методы. Несмотря на то, что автором изучено всего 11 ксенолитов, работа основана на очень большом и детальном аналитическом материале (более 400 анализов - содержание главных элементов в минералах; более 90 анализов - содержание редких элементов в минералах).

В четвертой главе описаны результаты петрографических исследований изученных мантийных ксенолитов. Автором были выделены две группы ксенолитов - породы с магматическими гипидиморфнозернистыми структурами и породы с порфирокластическими структурами (т.е. с признаками деформации и метасоматических процессов). Однако рецензент отмечает небольшой объем данной главы и недостаточность петрографического описания ксенолитов. Не совсем понятно, почему автор придерживается классификации В.А. Маслова («зеленая и черная серии»), а не классической классификации согласно треугольной диаграмме Ol-Orx-Cpx (Streckeisen, 1970). Кроме того, отмечена ошибка в описании ксенолитов первой группы - породы с 5-

20% содержанием клинопироксена относятся к лерцолитам. Их модальный минеральный состав и петрографические особенности (гипидиморфнозернистые структуры), по мнению рецензента, предположительно указывает на кристаллизацию из расплавов в магматической камере.

В пятой главе обсуждаются геохимические особенности изученных ксенолитов. На основании содержания редких элементов автор впервые выделяет три группы ксенолитов - первая группа деплетирована LREE, HFSE и LILE, вторая группа сохраняет субхондритовое значение, третья группа обогащена этими элементами (за счет резкого увеличения содержания этих элементов в клинопироксене). Первый тип впервые был описан в ксенолитах базальтов Шпицбергена. Автор обсуждает причины обогащения редкими элементами и связывает его с воздействием различных метасоматических процессов.

В шестой главе рассматриваются закономерности распределения главных, редких и редкоземельных элементов в минералах, слагающих ксенолиты. Данная глава является самой объемной и производит наиболее благоприятное впечатление. Детально рассмотрены химические составы оливина, пироксенов, шпинели. Автор отмечает высокое содержание редких элементов в оливине вблизи карманов плавления (участках плавления), что можно связать с метасоматическими процессами. Также автором выделены три типа распределения редких элементов в клинопироксене из щелочных базальтов архипелага Шпицберген, которые, вероятно, отвечают различным генерациям.

Седьмая глава посвящена оценкам P-T параметров образования мантийных перидотитов, полученных с помощью как классических, так и «геохимических» минеральных геотермобарометров. Впервые для ксенолитов из базальтов Шпицбергена были применены термобарометры, основанные на распределении редких элементов в минералах (Yao, Liang, 2015). Автором показано, что мантийные перидотиты третьей геохимической группы, подвергшиеся метасоматическому воздействию, отличаются от перидотитов первого и второго типа пониженным значением температуры минерального равновесия (690–860°C и 940–1100°C соответственно). Также приведены результаты изотопно-геохимического исследования Sm-Nd системы, полученные по валу породы, оливину и клинопироксену для четырех образцов ксенолитов.

В заключении приводятся главные выводы работы о природе метасоматических процессов в литосферной мантии под архипелагом Шпицберген, которые проявились в изменении химического состава пород и минералов и изотопных характеристик.

Несмотря на отмеченные выше недостатки, рецензент отмечает высокое качество диссертационной работы, ее несомненную новизну и значимость. Полученные автором новые данные вносят значимый вклад в вопросы изучения литосферной мантии под архипелагом Шпицберген и ее эволюции. Впервые были детально изучены минералы группы шпинели, содержание в них редких минералов. Также на основании геохимических характеристик ксенолитов и химического состава минералов впервые были выделены три этапа эволюции литосферной мантии под архипелагом Шпицберген.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (входящие в Перечень ВАК), 1 статья - в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования (Web of Science). Научные результаты также были представлены автором на российских и международных конференциях. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Таким образом, диссертация «**Геохимические особенности минералов перидотитов в мантийных ксенолитах из щелочных базальтов архипелага Шпицберген**», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Ашихмин Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент,

Калашникова Татьяна Владимировна

Кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Научный сотрудник лаборатории № 18.1 геохимии основного и ультраосновного магматизма Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А, Институт геохимии им А.П. Виноградова СО РАН

Тел.: +7(3952)511457

E-mail: Kalashnikova@igc.irk.ru

13 сентября 2021 г.

/Калашникова Т.В./

Подпись Калашниковой Татьяны Владимировны заверяю



Калаш

/Калашникова Т.В./

Подпись Калашниковой Татьяны Владимировны заверяю

Подпись *Калашниковой Т.В.*
ЗАВЕРЯЮ *Торшин* г.м.
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН *Торшин*

14.09. 2021

Официальный адрес организации: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук