

**Отзыв на автореферат диссертации  
АШИХМИНА Дмитрия Сергеевича**

**«ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ ПЕРИДОТИТОВ В  
МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТАХ ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ АРХИПЕЛАГА  
ШПИЦБЕРГЕН»,**

**представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических  
наук по специальности – Геохимия, геохимические методы поисков полезных  
ископаемых**

Ксенолиты мантийных перидотитов и базальтовый вулканизм архипелага Шпицберген – производный от плавления мантии в этом регионе, привлекли внимание исследователей начиная с 60-х годов XX века, а активно их изучение проходит последние 30 лет. Тем не менее, принципиальные детали литосферных процессов такие, как степень и динамика частичного плавления мантии на разных глубинах; возможная перекристаллизация перидотитов; природа, характер и условия мантийного метасоматоза и другие, описаны и изучены недостаточно полно. Геохимические индикаторы этих процессов отражены в составе мантийных перидотитов Шпицбергена. Таким образом, изучение и «расшифровка» геохимических характеристик ксенолитов, которым посвящено диссертационное исследование Дмитрия Сергеевича, представляет собой актуальнейшую и важную задачу.

Автореферат производит благоприятное впечатление. Защищаемые положения хорошо сформулированы. Кроме того, из автореферата очевидно, что объем проделанной работы позволил не только вынести на защиту три защищаемых положения, но и получить результаты, выходящие за их рамки.

Тем не менее, *актуальность работы* сформулирована витиевато, а раздел изобилует общими формулировками. В итоге, создается впечатление, что все сводится к тому, что само по себе исследование перидотитовых ксенолитов является актуальным. Учитывая проделанную работу, широту использованных методов и полученный результат, актуальность исследования значительно занижена и представлена в очень куцем и невыразительном виде. То же следует отнести и к следующему разделу – «Степень проработанности темы», где даже нет упоминания о Шпицбергене. Самое важное упущение раздела «Актуальность темы исследования» заключается в отсутствии ответа на вопрос, почему так важно было изучить именно Шпицбергенские перидотиты и почему именно теми методами, которые автор использовал в работе. Впрочем, сама актуальность диссертации сомнений не вызывает.

ОТЗЫВ  
ВХ. № 257-9 от 09.09.21  
АУ УС

Материал, лежащий в основе диссертационного исследования, хорошо изучен широчайшим набором аналитических методов, а результаты его изучения вполне наглядно представлены в автореферате. Нельзя не выделить раздел, описывающий методы, использованные в работе, он действительно впечатляет. Автор получил данные о содержании элементов в минералах и валовых пробах пород почти всеми возможными аналитическими методами, применяемыми сегодня (XRF, SEM-EDS, ICP-MS, LA-ICP-MS и SIMS), что встретишь далеко не во всех кандидатских диссертациях, посвященных геохимическим исследованиям. Кроме того, автор дополнил свои изыскания изотопно-геохимическим изучением Sm-Nd системы мантийных перидотитов методом TIMS.

Раздел «*Научная новизна работы*» кратко описывает основные достижения исследования и вклад автора в изучение мантийных перидотитов архипелага Шпицберген, что вполне отражает суть.

*Теоретическая и практическая значимость работы* изложена очень кратко, однако достаточно, учитывая сугубо фундаментальную направленность исследования.

Несмотря на то, что автореферат дает хорошее представление о проведенном исследовании и заслуживает положительной оценки, опубликованный тест оставляет место для замечаний и дискуссионных замечаний.

1) Во-первых, петрографическая классификация и определение пород вызывает большие вопросы и некоторое недоумение. В разделе «Петрографическая характеристика ксенолитов» автор определяет ксенолиты как шпинелевые гарцбургиты и оливиновые ортопироксениты, приводя для них следующие содержания породообразующих минералов: 40–55% оливина, 40–50% ортопироксена, 5–25% клинопироксена. Очевиден диссонанс между заявленными составами и названными породами. 50% ортопироксена недостаточно чтобы назвать породу оливиновым ортопироксенитом. На общепринятой дискриминационной диаграмме в координатах оливин–ортопироксен–клинопироксен, поле оливиновых ортопироксенитов начинается с составов, содержащих от 60% ортопироксена и выше. Можно было бы предположить, что приведен состав только гарцбургита, но и это не так. Оливин-ортопироксеновая порода, содержащая более 5–10% клинопироксена уже относится к лерцолитам. Помимо этого, максимальное заявленное содержание клинопироксена в ксенолитах составляет 25%. Однако, если при максимальном содержании клинопироксена в 25% мы возьмем минимальные содержания остальных породообразующих минералов, а именно, 40% оливина и 40% ортопироксена, то получим сумму в 105%. Вызывает вопрос, какой метод использовал автор для определения содержания породообразующих минералов? Одна из двух идентифицированных автором пород – шпинелевый гарцбургит, однако среди приведенных содержаний минералов шпинель отсутствует. В контексте выявленных

проблем, вопрос – гарцбургиты с каким содержанием шпинели автор считает шпинелевыми, также требует разъяснения.

2) К вопросу о природе обогащения несовместимыми, в том числе легкими редкоземельными элементами (LREE), перидотитов третьей группы. В обосновании к первому защищаемому положению автор указывает на то, что одна из гипотез объясняет обогащение LREE мантийных перидотитов их взаимодействием с базальтовым расплавом. В конце обоснования на странице 11 данное предположение отвергается, а автор утверждает, что эта гипотеза не работает для перидотитов Шпицбергена. Уже в обосновании к третьему защищаемому положению диссертант выдвигает следующее предположение о механизме обогащения: *«Можно предположить, что причиной такой обогащенности перидотитов третьей группы, проявленной как на породном уровне, так и в отношении слагающих их минеральных фаз – оливина и клинопироксена, является расплав/флюид, возникший в мантийных породах при частичном плавлении орто- и клинопироксена. Расплав/флюид обогащается несовместимыми элементами, которые впоследствии входят в состав новообразованных минералов в процессе их взаимодействия с расплавом/флюидом»*. Примечательно, что в отказе от гипотезы взаимодействия перидотитов с базальтами и вышеприведенным предположением есть некоторая парадоксальность, заслуживающая внимания. Общеизвестно, что плавление мантийных перидотитов приводит к появлению базальтового расплава и, если мы видим карманы плавления в перидотитах, в которых остался расплав, логично полагать, что эти остатки будут именно базальтового состава. Вообще говоря, с некоторыми нюансами механизм образования вмещающего базальтового расплава именно такой – частичное плавление мантийных перидотитов. Возвращаясь к приведенному описанию, из него кратко следует, что при плавлении перидотита (орто- и клинопироксена) возник базальтовый расплав, с которым порообразующие минералы перидотита прореагировали и это вызвало обогащение. Чем описанный подход отличается от отвергнутой диссертантом гипотезы о взаимодействии перидотита с базальтовым расплавом?

В дополнение, после вышеприведенного фрагмента о природе расплава, автор подкрепляет свою точку зрения следующим утверждением: *«С данным предположением согласуется наблюдаемое в ксенолитах уменьшение количества ортопироксена и появление характерных черт в его морфологии (следы плавления и корродированные области грани)»*. Сопоставив эти две цитаты и последующий текст автореферата, становится очевидно, что уменьшение ортопироксена автор связывает с его плавлением и переходом в расплав. Однако, на основе приведенных в автореферате данных рисуется другая картина. В изученной перидотитовой ассоциации самый легкоплавкий минерал – клинопироксен, именно он плавится в первую очередь. Каждый из описанных образцов

содержит от 5 до 25% клинопироксена, а это значит, что во время плавления он не был исчерпан полностью. Из приведенного в петрографическом описании минерального состава ксенолитов следует, что показанное автором *«уменьшение количества ортопироксена»*, вероятнее всего, связано с тем, что в этих ксенолитах находится больше клинопироксена. Учитывая минеральный состав, обсуждавшийся в замечании (1), ксенолиты с меньшим количеством ортопироксена и большим количеством клинопироксена, скорее всего, должны быть классифицированы как лерцолит. Отсюда становится понятным, что когда мы имеем дело с гарцбургитом и лерцолитом, при прочих равных условиях плавиться будет лерцолит, постепенно превращаясь в гарцбургит. Таким образом, на самом деле, в расплав переходит клино-, а не ортопироксен, и, по-видимому, в описанных ксенолитах его было еще больше до образования карманов плавления. Такая модель согласуется с тем, что карманов плавления нет в ксенолитах, где больше ортопироксена, потому что они – гарцбургиты и при относительно близких Р–Т параметрах плавятся будут позднее, и, вероятно, представляют собой реститы от плавления лерцолитов.

Ниже автор упоминает о флюидном взаимодействии, по-видимому, имея в виду внешний флюид. Какую роль автор отводит этому флюиду при обогащении перидотитов несовместимыми элементами? Или обогащение происходило преимущественно за счет взаимодействия перидотитов с собственными производными расплавами?

3) Из третьего защищаемого положения (давления определенные для перидотитов третьей группы) следует, что зона метасоматической проработки в мантии Шпицбергена ограничена довольно узким интервалом глубин, примерно 40–55 км (12–16 кбар). При этом перидотиты, вынесенные с больших глубин, метасоматическим изменениям не подверглись. С чем автор связывает локализацию метасоматоза и появление флюида именно на глубинах 40–55 км?

Необходимо отметить, что замечания не являются критическими, а многие из них носят дискуссионный характер. Д.М. Ашихмин провел большую работу и показал владение современными методами исследования вещества.

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», предъявляемым к научно-

квалификационным работам, и 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.

Старший научный сотрудник,  
кандидат геолого-минералогических наук



Королев Нестер Михайлович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук  
(ИГГД РАН),  
наб. Макарова 2,  
Санкт-Петербург, Россия 199034  
+7 (812) 328-47-01  
n.m.korolev@ipgg.ru

Я, Королев Нестер Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

30 августа 2021

