

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Секисовой Виктории Сергеевны

«ПЕТРОГЕНЕЗИС МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БАЗАЛЬТОВ ВУЛКАНА ХАРЧИНСКИЙ (КАМЧАТКА)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 «Петрология, вулканология»

Диссертационное исследование Секисовой Виктории Сергеевны посвящено вопросам происхождения высокомагнезиальных магм в надсубдукционной обстановке. Такие магмы близки по составам к первичным выплавкам и позволяют реконструировать условия их генерации и характер магмообразующего субстрата. Они, хотя и достаточно редко для надсубдукционных обстановок, транспортируют к поверхности глубинные мантийные ксенолиты.

Для решения поставленных в работе задач в качестве уникального объекта для островодужной системы Камчатки избран вулкан Харчинский, расположенный в северной части Центральной Камчатской депрессии, в строении которого установлено развитие высокомагнезиальных пород с включениями ксенолитов. Изучением этого вулканического центра, сведения о котором впервые были получены еще в ходе геолого-съёмочных работ, ранее занимался ряд исследователей. В их числе (Огородов, Белоусов, 1961; Кутыев, Эрлих, 1973; Волынец и др., 1998). Они представили первые сведения о возрасте, строении, морфологии и составах пород вулкана Харчинский.

Целью исследований являлась реконструкция эволюции магмы, участвовавшей в образовании высокомагнезиальных пород вулкана Харчинский. **К задачам** выполненного Секисовой В.С. исследования отнесены: установление составов пород, характера распределения в них редких и рассеянных элементов, выяснение последовательности минералообразования в расплавах, определение содержания главных и примесных элементов в минералах ксенолитов и выделение их парагенезисов, проведение расчетов условий кристаллизации магм и ксенолитов, изучение включений минералообразующих сред во вкрапленниках эффузивных пород, установление природы ксенолитов.

Таким образом, представленная **диссертационная работа является первым крупным и всесторонним исследованием** вулкана Харчинский, охватывающим все аспекты происхождения высокомагнезиальных магм этого центра в условиях надсубдукционной геодинамической обстановки, параметров минералообразования в породах вулкана и установление природы магмообразующего субстрата на основе изучения ксенолитов, что определяет ее **актуальность**.

Фактический материал и использованные методы геохимических и минералогических исследований подтверждают полноту и достоверность полученных результатов. **Личный вклад** соискателя в выполненную работу определяется проведением Секисовой В.С. самостоятельных и высокопрофессиональных исследований на всех этапах выполнения работы.

В результате проведенных исследований соискателем сформулированы 3 (три) защищаемых положений, которые содержат выводы об условиях ликвидусной кристаллизации высокомагнезиальных магм, параметрах кристаллизации высокомагнезиальных базальтоидных и трахиандезибазальтовых магм вулкана Харчинский на разноглубинных уровнях, происхождении ксенолитов перидотитов и клинопироксенитов в результате кумулятивных процессов. Все полученные результаты оригинальны и определяют **новизну исследований**.

Выводы исследования вносят существенный вклад в понимание процессов надсубдукционного магмообразования в целом, а также эволюции первичных расплавов в надсубдукционной обстановке Камчатки, что определяет **теоретическую значимость** представленной диссертационной работы.

Выводы выполненного соискателем исследования и их **апробация** содержатся в 14 работах, в том числе в 4 статьях из списка ВАК, а также докладывались на 10-ти всероссийских и международных конференциях.

Диссертационная работа Секисовой В.С. состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенные на 168 страницах с 43 рисунками и 20 таблицами, список использованной литературы содержит 188 записей.

В **Первой главе** приводятся детальные сведения о фактическом материале, положенном в основу работы, сведения по методикам подготовки каменного материала для исследований, приведен реестр проб с их координатной привязкой, сопровождаемый картой опробования. Для всех использованных в работе оптических, аналитических и экспериментальных методов исследований приведены их характеристики с наименованием приборов, ограничений измерений и перечнем применяемых стандартных образцов, а также с указанием лабораторий, где выполнялись исследования. В главе детально представлены методика расчетов составов первичных расплавов и информация по использованным петрологическим программам.

Вторая глава содержит литературный обзор по результатам предшествующих исследований магнезиального вулканизма Курило-Камчатской дуги. Для каждого из объектов проявления магнезиального вулканизма территории приведены основные закономерности составов минеральных парагенезисов, дано определение понятий и

петрохимические критерии выделения магнезиальных и высокомагнезиальных пород. В главе содержатся сведения по принятым методикам определения условий кристаллизации магнезиальных магм. Один из разделов Второй главы посвящен истории изученности вулкана Харчинский. В этом разделе даны основные сведения по определению особенностей составов пород вулкана и полученным ранее их изотопным характеристикам.

Третья глава посвящена изложению основных сведений по геологическому строению вулкана Харчинский. В главе подробно представлены выводы предшествующих исследований по особенностям строения и развития вулканического центра. Показано возможное влияние на строение постройки вулкана ледниковой эрозии. Приведена схема строения вулканического центра и отмечено широкое распространение радиальных даек и наличие некка с ксенолитами различного состава. В результате исследований уточнено, что отмеченные ранее признаки подледных извержений не подтверждаются.

К замечаниям к третьей главе следует отнести следующее. Вряд ли в современном изложении следует относить Центральную Камчатскую депрессию к грабен-синклинали. Второе – нет оснований относить вулкан Харчинский к стратовулканам в связи с его слабой пирокластической деятельностью и низкими формами рельефа. Ранее исследователи рассматривали вулкан в качестве щитового. Третье – неверно отображается формула расчета магнезиальности ($Mg\# = 100Mg/(Mg+Fe)$), следует отображать ($Mg\# = Mg/(Mg+Fe) \cdot 100$).

Четвертая глава посвящена результатам изучения пород, слагающих некк и лавовые потоки на склонах вулканической постройки, а также данные, полученные по расплавленным включениям во вкрапленниках оливина. В первом разделе главы приведено детальное минералого-петрографическое описание эффузивных пород вулкана Харчинский. Выделено три типа вкрапленников оливина. В разделе 4.2. приведены сведения о составах пород и их микроэлементные характеристики. Раздел 4.3. посвящен результатам исследований расплавленных включений, которые обнаружены во вкрапленниках второго и третьего типов оливинов и в клинопироксенах. В разделе 4.4 приведены результаты моделирования в программе Petrolog3, по которым удалось определить состав первичных расплавов. Выяснилось, что оливины кристаллизуются в двух интервалах давлений, 0.1-1.5 и 11-13 кбар. Раздел 4.5. содержит обсуждение полученных минералогических и расчетных данных. Определен состав источников магм, который отвечает перидотитам с участием пироксенитового компонента. Установлено, что происхождение базальтов и андезибазальтов исследованного вулкана связано с протеканием процессов кристаллизационной дифференциации первичных высокомагнезиальных магм с участием оливина и клинопироксена. В результате минералогических, геохимических и расчетных данных сформулированы первые два защищаемых положения.

К замечаниям к четвертой главе относится следующее. В примечании к таблице 2: указано ц – центр, с – середина. Формально это одно и то же. Следует писать для с – промежуточная зона. Не расшифровано наименование столбца «п». Вместо 0.000 содержаний следовало бы писать «н.о.» – не обнаружено, это замечание относится и к другим таблицам. Настораживает совпадение концентраций элементов в оксидах в табл. 2 (мас.%) с содержаниями элементов в ppm в тексте. Возможно здесь допущены ошибки, не переведены оксиды в элементные бескислородные формы. Также как и для Mg# неверно указана формула #Cr. В столбцах Wo, En, Fs в некоторых случаях суммы минералов не равны 100. В табл. 3 изменены обозначения зон анализа – теперь это с – центр, m – середина, r – край, столбец «п» отсутствует в таблице, но есть в примечании. В таблице 4 обозначения зон анализа снова изменено. Для таблиц составов минералов следовало бы соблюдать единство в обозначении зон анализа. Для Рис. 13 не указано, какой классификацией амфиболов автор пользовался. В разделе 4.2. указаны отношения нормированных содержаний примесных элементов, но при первом приведении в тексте отношений не указано на какой резервуар проводилось нормирование. На рис. 16 на графиках распределения элементов в базальтоидах вулкана Харчинский по литературным данным наблюдается высокий максимум нормированных значений Ta, что явным образом не приемлемо и указывает на плохое качество анализов. Их не следовало бы использовать. В разделе 4.3 показано, что состав расплавных включений демонстрирует повышение содержаний SiO₂ с увеличением концентраций MgO и Cr₂O₃, что свойственно направленности эволюции составов минерала хозяина – оливина. Поэтому следует рассмотреть вопрос о захвате материала оливина при анализе включений.

В пятой главе приведены результаты изучения ксенолитов вулкана Харчинский. В разделе 5.1. главы содержатся данные петрографических исследований ксенолитов с определением минеральных ассоциаций обнаруженных в породах нека вулкана перидотитовых и клинопироксенитовых ксенолитов. В таблице 11 даны сведения о типах ультраосновных и мафитовых включений с приведением перечня для них главных минеральных фаз, второстепенных и акцессорных минералов и минералов вторичного парагенезиса. Раздел 5.2 содержит информацию о составах минералов ксенолитов. Выделены три группы оливинов, амфиболов и полевых шпатов, отвечающие различным типам ксенолитов и группам минеральных фаз. Наиболее магнезиальные оливины установлены в ксенолитах перидотитов, а наиболее железистые в ксенолитах клинопироксенитов. То же касается амфиболов и пироксенов. Полевые шпаты представлены плагиоклазами анортитового первичного и лабрадорами вторичного типов. K-Na полевые шпаты встречаются только среди вторичных минеральных фаз. Рассматриваются составы оксидных

минеральных фаз, среди которых выделены шпинели, магнетиты и редкие ильмениты. В таблице 19 этого раздела приведены составы минералов вторичного парагенезиса. В разделе 5.3 содержатся сведения о петрохимическом и микроэлементном составе ксенолитов вулкана Харчинский. В минералах ксенолитов соискателем были обнаружены включения минералообразующих сред. Сведения о них представлены в разделе 5.4. Эти включения являются в основном вторичными и характеризуются значительной дисперсией составов. В разделе 5.5. проведено обсуждение полученных данных по ксенолитам. Один из главных выводов по изучению ксенолитов является вывод об их кумулятивном происхождении. В разделе даны сведения о РТ условиях формирования первичных и вторичных минеральных фаз в ксенолитах, сформулировано третье защищаемое положение.

К замечаниям к пятой главе. В таблице 12 и 13 данные о составе оливинов и ортопироксена приведены с указанием содержаний оксидов с точностью до третьего знака. Следует сопоставить эту точность с содержаниями оксидов в стандартных образцах. То же замечание нужно отнести и к таблице 15 с приведением микроэлементных составов минералов из перидотитов и пироксенитов. Вновь следует заметить, что указание концентраций оксидов и примесных элементов не может быть приведено как 0.000. В таблице 20 для составов ксенолитов наблюдаются отрицательные значения ППП, что связано с отсутствием данных по распределению двух- и трехвалентного железа. Это является определенным упущением при проведении аналитических исследований.

В шестой главе на основе сравнения с данными по магнезиальным базальтам и андезибазальтам всей Курило-Камчатской дуги соискателем формулируется концепция модели образования пород вулкана Харчинский. В главе сделан вывод о наличии под вулканом Харчинский, по крайней мере, нескольких уровней промежуточных камер. На рис. 43 приводится детальная схема строения и эволюции магматической системы вулкана Харчинский. В целом Глава 6 суммирует все полученные данные и встраивает их в описание подробной модели формирования высокомагнезиальных магм в надсубдукционной геодинамической обстановке. **Замечаний к шестой главе у оппонента нет.**

В Заключение автор формулирует главные выводы исследования, к которым относятся выводы о том, что лавы вулкана Харчинский являются продуктами кристаллизационной дифференциации высокомагнезиального базитового расплава, который вероятно, подвергался фракционированию в разной степени на различных глубинных уровнях. Другим важным выводом является заключение о том, что представителем мантийных пород, как источника первичных магм может являться дунит, а большинство изученных ксенолитов представлено кумулятивными перидотитами и клинопироксенитами.

Общие замечания. – в работе отсутствует расшифровка некоторых используемых аббревиатур для названий минералов, миналов и других сокращений, - для некоторых петрографических снимков, полученных при микроанализе, не указан их формат (рис. 6, обратно рассеянные электроны?), - крупные таблицы лучше было бы поместить в приложении (табл. 2), - в работе не даны критерии выборки составов безводных минералов, полученных при микроаналитических исследованиях (стехиометричность?).

Несмотря на некоторые замечания, представленная Секисовой В.С. диссертационная работа является оригинальным законченным научным исследованием, содержащим новые сведения о процессах надсубдукционного магмообразования и происхождения высокомагнезиальных базальтоидных магм в островодужной системе Камчатки. Работа отличается новизной, содержит результаты новых детальных минералого-петрографических и геохимических исследований, а также предлагает актуальную петрогенетическую модель для уникального на Камчатке вулкана Харчинский. Следует заключить, что цели и задачи работы достигнуты и выполнены. Все защищаемые положения являются оригинальными и обоснованными как содержанием работы, так и 14 публикациями, в том числе 4 статьями из списка ВАК. Автореферат в необходимой степени соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленная диссертационная работа «Петрогенезис магнезиальных базальтов вулкана Харчинский (Камчатка)» отвечает критериям, установленным в пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), паспорту специальности 1.6.3, а ее автор Секисова Виктория Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 «Петрология, вулканология».

Официальный оппонент

Перепелов Александр Борисович,

доктор геолого-минералогических наук,

директор ФГБУН Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук.

Почтовый адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, стр. 1а.

Телефон: (3952) 54-64-01

e-mail: dir@igc.irk.ru

Я, Перепелов Александр Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

6 октября 2026 г.

Перепелов А.Б.

