

Федеральное агентство
научных организаций
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
**Дальневосточный
геологический институт**
Дальневосточного отделения
Российской академии наук



Far East Geological Institute
Far East Branch
Russian Academy of Sciences
Prospect 100-letya, 159,
Vladivostok-22,
690022 RUSSIA

Tel. (423) 2-318-750 Fax (423) 2-317-847
690022, Владивосток – 22, пр. 100-летия Владивостока, 159

<http://www.fegi.ru/> E-mail: office@fegi.ru

Исходящий № *16160 - 536*
05.05.2016



УТВЕРЖДАЮ

Директор ДВГИ ДВО РАН

Академик А.И. Ханчук

11 мая 2016 г

ОТЗЫВ

Официальной ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения

Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН)

на диссертацию Озерова А.Ю. "Динамика эруптивной деятельности, эволюция магм и модели базальтовых извержений (на примере Ключевского вулкана)" на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология и вулканология.

Диссертационная работа А.Ю. Озерова посвящена эруптивной динамике вулкана Ключевского, наиболее крупного, активного и хорошо изученного геологическими и геофизическими методами вулкана Камчатки. Исследования носят, несомненно, комплексный характер на стыке двух научных дисциплин – вулканологии и петрологии. В отличие от большинства ранее выполненных исследований, А.Ю. Озеровым сделана попытка комплексного описания процесса, начиная с изучения петрологическими методами эволюции магматического вещества, выявления периодичности эксплозивной активности по сейсмологическим и геологическим данным, до экспериментального моделирования газогидродинамического режима в

магматическом канале. Актуальность рецензируемой диссертации не вызывает сомнения.

Работа объемом 428 страниц, состоит из введения, четырех глав и заключения. Она включает в себя 101 рисунок, 15 таблиц, 10 приложений и список литературы из 437 наименований. Диссертация представляет собой итог 30-летних вулканологических и петрологических исследований автора современного вулканизма Камчатки.

Во **Введении** обосновывается актуальность и цели проведенных исследований, описываются используемые методические приемы, научная новизна и практическая значимость. Здесь же приводятся основные сведения о вулкане Ключевском, его эруптивной деятельности и глубинном строении. Раздел написан простым и ясным языком, автор показывает хорошее знание предмета исследования.

К редакционным замечаниям следует отнести присутствие в тексте хоть и небольшого числа, но грамматических и стилистических ошибок. Подраздел «Задачи исследования» можно было бы сократить, убрав или сгруппировав пункты 5 – 10.

Необычным выглядит во Введении краткий раздел об эруптивной деятельности и глубинном строении вулкана Ключевской. Такого типа информация обычно помещается в отдельную главу, посвященную общей геологической и геодинамической характеристике объекта исследования, особенностям его строения и эруптивной деятельности. В этой же главе целесообразно было бы поместить необходимый картографический материал и геологические разрезы. Все это значительно облегчило бы читателю понимание информации, изложенной, например, в главе 1.

В **Главе 1** «Формирование магматической серии пород Ключевского вулкана» на основании петрохимических, геохимических и минералогических данных, результатов компьютерного моделирования, автор рассматривает вопросы преобразования магматического вещества в питающей системе вулкана Ключевской, предлагает модель формирования непрерывной высокомагнезиальной–высокоглиноземистой базальт-андезибазальтовой серии. Эта глава, объемом 153 стр., представляет собой, по существу самостоятельную работу, со своим введением, методической частью и заключением. В методической части детально описаны не только использованные аналитические методики, но и принципы отбора образцов и пробоподготовки. А.Ю. Озеровым, несомненно, проделана большая работа по обобщению существующих представлений как о генезисе высокоглиноземистых базальтов островодужных серий в целом, так и вулкана Ключевского, в частности. Детально рассмотрены вопросы

классификаций вулканогенных образований, с критическим обзором существующих, часто запутанных, петрохимических критериев.

Обсуждение особенностей вариаций петрогенных и микроэлементов приводит автора к выводу о происхождении различных типов магм вулкана Ключевского из одного первичного высокомагнезиального расплава. При этом используются в основном данные микрозондовых исследований породообразующих минералов и расплавных включений. Для построения петрогенетической модели было выполнено численное моделирование (программа КОМАГМАТ) процесса кристаллизационной дифференциации, верификация полученных данных путем сопоставления с природными петрохимическими трендами и результатами сейсмических исследований. Наиболее интересны, по нашему мнению, использование микрозондовых исследований для реконструкции порядка кристаллизации породообразующих минералов, в частности плагиоклаза.

Замечания к первой главе:

1. Автором было уделено недостаточное внимание микроэлементному и изотопному изучению. Данные по микроэлементам немногочисленны, а краткое описание изотопных данных основано только на работе двадцатилетней давности (*Kersting, Arculus, 1995*).
2. В обсуждении не рассматривался вопрос о возможной роли коровой контаминации в происхождении базальтовых серий вулкана Ключевской. Без такого обсуждения рассматривать фракционную кристаллизацию в качестве единственного механизма эволюции первичных магм недостаточно корректно.
3. Определенные противоречия существуют в интерпретации геохимических данных. Например, в работе делается вывод о происхождении различных петрохимических типов Ключевского вулкана в результате преимущественного фракционирования оливина и клинопироксена. Но для подтверждения этого вывода можно было бы выполнить геохимическое моделирование с использованием валовых коэффициентов распределения. Кроме того, на диаграмме 1-17 (нормализация к наиболее примитивному базальту прорыва Булочка) наблюдается отчетливая закономерность увеличения глубины отрицательной Ta-Nb аномалии с падением магнезиальности пород. Для объяснения этого феномена необходимо предполагать либо участие во фракционировании акцессорных фаз, либо вовлечение в

магмогенезис участков мантии в большей степени метасоматически переработанной субдукционными процессами.

В **Главе 2** рассматриваются вопросы периодичности в динамике извержений Ключевского вулкана. Глава также построена как самостоятельное исследование с введением, тремя разделами и заключением. Основной используемый метод – анализ периодичностей эруптивных процессов по литературным данным, изучение динамических параметров современных извержений, оцифровка первичных записей вулканического дрожания, получение непрерывных рядов сейсмических данных, построение графиков временных вариаций огибающей амплитуды вулканического дрожания и обработка их методами математической статистики. В результате А.Ю. Озеровым предложена собственная классификация периодических явлений на вулкане, в основу которой положены данные о продолжительности периодов и особенностях проявления эксплозивной активности.

Большое внимание в данной главе уделено вулканическому дрожанию и использованию этого фактора для выделения периодичности в динамике извержений Ключевского вулкана. Большой интерес представляет сопоставление сейсмической информации с геологическими данными по изучению слоистости шлаковых конусов.

На основании анализа вулканологических и сейсмологических данных, делается принципиально важный вывод о происхождении трех выделенных групп периодичностей не в результате перестройки подводящей системы вулкана или последовательной периодической флюктуации состава расплава, а в результате проявления газогидродинамических режимов в подводящем канале, приобретающих периодический характер за счет перераспределения газовой фазы в процессе подъема.

В целом, глава 2 - наиболее интересная как по количеству информации, так и качеству ее обработки. Выделенные автором основные факторы периодичности имеют и большую практическую значимость, учитывая высокую экологическую опасность эксплозивного островодужного вулканизма.

Главы 3 и 4 диссертации посвящены описанию разработанного А.Ю. Озеровым комплекса аппаратуры для моделирования физических процессов базальтовых извержений Ключевского вулкана и содержат большой оригинальный материал по экспериментальному моделированию вулканических извержений – пульсирующего фонтанирования, стромболианских взрывов и периодического фонтанирования. Эти главы в основном носят описательный характер. Но возникают вопросы, связанные с

использованием экспериментальных данных при интерпретации природных явлений. Для экспериментов автор использовал раствор воды с примесью глицерина, плотность и вязкость которого на несколько порядков ниже аналогичных параметров базальтового расплава. Кроме того не ясно, на основании каких критериев в эксперименте регулировалась подача газа. Согласно результатам численного моделирования (глава 1) содержание воды в базальтовом расплаве вулкана Ключевской составляет всего 2 %, что должно ограничивать влияние газовых эманаций на характер вулканических извержений. Вероятно, что наряду с этим фактором большую роль играли механические особенности подъема расплава к поверхности, например периодическая закупорка подводящих каналов и связанное с ней накопление газовой фазы в магматической колонне. Из-за сложности поставленных задач, возможно, не все вопросы возникновения периодичностей решены в полной мере.

В заключении следует отметить, что все приведенные в отзыве замечания носят дискуссионный, либо редакционный характер и не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой работы. Диссертация А.Ю. Озерова представляет собой законченный научный труд, являющийся значительным вкладом в изучение базальтового вулканизма Камчатки, эволюции крупных вулканических центров, механизма вулканических извержений. Работа является крупным обобщением по различным аспектам вулканологии. В изложении материала автор показывает высокую эрудицию, а творческий подход в решении сложных задач ярко выделяет данную работу среди других, ранее опубликованных.

Большинство защищаемых положений опубликовано в авторитетных изданиях и могут считаться доказанными. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

А.Ю. Озеров показал себя творческим, эрудированным специалистом и, несомненно, заслуживает присуждения степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Главный научный сотрудник лаборатории геохимии ДВГИ ДВО РАН, д.г.м.н.

Ю.А. Мартынов

Мартынов Юрий Алексеевич

690022 г. Владивосток, пр-т 100-летия 159



ФАНО России Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук	
Подпись <u>Ю.А. Мартынов</u> заверяю	
Начальник	
отдела кадров <u>И.А. Думов</u>	
" 05 " мая 20 16 г.	

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН), главный
научный сотрудник

+7 914 705 1868, martynov@fegi.ru

Отзыв рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва от ведущей
организации на заседании лаборатории геохимии ДВГИ ДВО РАН 5 мая 2016
(протокол № 10/05-2016).

Старший научный сотрудник лаборатории геохимии ДВГИ ДВО РАН

доктор. геол-мин. наук



Тарасенко И.А

Тарасенко Ирина Андреевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН), старший
научный сотрудник

+7 914 662 4219, tarasenko_irina@mail.ru