

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
**о диссертации Озерова Алексея Юрьевича**  
**“ДИНАМИКА ЭРУПТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЭВОЛЮЦИЯ МАГМ**  
**И МОДЕЛИ БАЗАЛЬТОВЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВСКОГО**  
**ВУЛКАНА)”, представленной на соискание ученой степени доктора геолого-**  
**минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.**

Представленная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы в 437 наименований. Она включает 428 страниц текста с 101 рисунком, 15 таблицами и 10 приложениями.

Во **Введении** отмечается актуальность и цель работы, положенный в основу диссертации фактический материал, излагаются основные методы исследования и главное – новые методы, разработанные непосредственно диссертантом с созданием необходимой установки для экспериментального моделирования природных процессов. Здесь же изложены основные защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость работы, ее апробация, публикации и благодарности.

Эти данные дают исчерпывающее представление о предлагаемой диссертации и вводят непосредственно в решаемые проблемы. Все представления автора изложены четким, ясным языком и хорошо иллюстрированы.

*Актуальность предлагаемой работы* определяется широким проявлением базальтоидного вулканизма на Земле, эффузивно – эруптивным разнообразием его проявления и недостаточной изученностью гидродинамических особенностей извержений.

*Целью работы* является выявление особенностей базальтоидного вулканизма – эволюции магматических расплавов, периодичностей извержений, механизмов разных типов извержений.

В этом отношении предлагаемая диссертация отличается комплексным подходом к анализу базальтоидных извержений на примере уникального Ключевского вулкана Камчатки. В ней систематизирован колоссальный объем как полевого геологического материала, так и результатов его петрографической, минералогической, геохимической обработки, а также инструментальных геофизических наблюдений, в сборе и обработке которых автор диссертации принимал самое непосредственное и активное участие.

В результате решена важная в теоретическом и практическом отношении научная проблема в познании механизмов базальтоидных извержений, а также предложены новые научно-методические приемы анализа результатов вещественного изучения вулканических извержений в комплексе с визуальными и инструментальными данными наблюдений на вулканах.

В Главе 1 – *Формирование магматической серии пород Ключевского вулкана* изложены результаты изучения процессов формирования магматической серии пород вулкана для создания петролого-геохимической модели формирования высокомагнезиальной – высокоглиноземистой базальт – андезибазальтовой серии пород Ключевского вулкана.

В главе излагаются основные сведения о геологическом строении Ключевского вулкана, его структурной позиции, извержениях из основного кратера и боковых прорывов.

*Следует сразу отметить:* рисунок 1-06 – *Схема геологического строения Ключевского вулкана* следовало бы поместить в начале главы для лучшего восприятия сказанного.

Важно подчеркнуть, что под вулканом расположен практически вертикальный магмовод, что магматические периферические очаги под вулканом до глубин 40 км отсутствуют. Делается вывод о фракционировании магм в декомпрессионном режиме.

Подчеркивается, что главной особенностью состава пород вулкана является проявление высокомагнезиальных, магнезиальных и глиноземистых базальтов только в побочных прорывах, а вся гигантская постройка сложена высокоглиноземистыми андезибазальтами.

*Из этого вытекает следующее замечание:* в названии работы корректнее следовало бы вместо *базальтовых извержений* употребить *базальтоидные извержения*.

Касаясь петрологического аспекта сонахождения высокоглиноземистых и высокомагнезиальных пород на Ключевском вулкане, диссертант подробно рассматривает представления предыдущих исследователей о петрогенезисе данных образований.

Главный вопрос, который ставит диссертант и успешно его реализует – это детальное изучение состава породообразующих минералов и содержащихся в них твердофазных включений. В этом отношении проделана колоссальная и, я бы сказал, ювелирная работа. Подробно рассмотрены составы оливинов, пироксенов, плагиоклазов, построены многочисленные тренды их изменения.

В результате диссертант формулирует первое защищаемое положение: **Установлено, что непрерывная серия пород Ключевского вулкана (MgO 12,31 – 4,10 %) сформировалась из исходных высокомагнезиальных базальтов в результате декомпрессионного фракционирования (оливин, клинопироксен) и родственного смешения расплавов в магмоводе, в верхней части которого формируются высокоглиноземистые андезибазальты. Разнообразие пород серии определяется глубиной, на которой от основного магмовода отделяется расплав, транспортируемый дайками на склоны вулкана.**

На мой взгляд, это положение сформулирована не лучшим образом. Во-первых, при боковых прорывах речь должна идти об оперяющих трещинах, ибо дайки не транспортируют расплав, а сами залечивают эти трещины. Во-вторых, извержения высокомагнезиальных расплавов не отмечены из главного жерла, а только из боковых прорывов. Не случайно поэтому ряд исследователей (Хренов и др., 2010) считают высокомагнезиальные базальты проявлениями другого, ареального, типа вулканизма и не связывают их с деятельностью непосредственно Ключевского вулкана. В-третьих, диссертант многократно подчеркивает погружение оливинов и пироксенов в глубинный расплав, т.е. высокомагнезиальные разности являются реститом какого-то первоначального расплава, который дал и высокомагнезиальные базальты и высокоглиноземистые андезибазальты.

Подавляющее превосходство проявлений высокоглиноземистых андезибазальтов, анализ расплавных включений в плагиоклазах позволяют некоторым исследователям даже допускать вероятность проявлений процессов гибридизма в поднимающейся магме за счет переплавления вмещающих кремнекислых пород (Плечов, 2008).

**Второе защищаемое положение – Установлено новое свойство базальтового – андезибазальтового вулканизма – устойчивые периодичности в динамике извержений, проявляющиеся в широком временном диапазоне (секунды – сутки) - обосновывается в главе 2 - *Периодичности в динамике извержений Ключевского вулкана.***

Диссертантом проанализирован и систематизирован колоссальный объем материала по периодичности извержений Ключевского вулкана, начиная с начала его систематического изучения, с момента создания вулканологической станции в поселке Ключи в 1932 г.

В результате выявлены различные по времени периодичности извержений, основанные как на непосредственных визуальных наблюдениях за деятельностью вулкана, так и на расшифровке сейсмограмм. В решение этих вопросов диссертант вложил огромный труд, разрабатывая в том числе методические приемы обработки инструментальных измерений.

*Следует подчеркнуть, что подобного рода исследования являются уникальными в мировой практике и не проводились ни на одном действующем вулкане мира.*

Выявленные разные по интервалам периодичности извержений в кратере Ключевского вулкана имеют не только теоретическое значение в плане познания закономерностей деятельности вулканов, но и важны в практическом отношении, в первую

очередь, как для поведения исследователей на действующих вулканах, так и для оповещения населения расположенных поблизости населенных пунктов об опасности пробуждения вулкана.

Автор диссертации установил, что разные типы периодичности не являются следствием перестройки подводных каналов и связаны не со сменой состава магматического расплава, а являются поверхностным проявлением поведения разных типов газожидкостных магматических потоков.

Считаю подобные исследования уникальными и заслуживающими всяческого одобрения и продолжения. Выявленные устойчивые периодичности в динамике извержений вулкана, сформулированные как защищаемое положение, на мой взгляд убедительны.

*Замечания касаются только в необходимости увязки этих данных с общим сейсмическим фоном региона – землетрясениями, их амплитудой, с возможным изменением состава выбрасываемых из вулкана газовых продуктов.*

Следует также поддержать намерение диссертанта отразить специфику извержения Ключевского вулкана в выделении нового – “ключевского” типа вулканической деятельности – периодичном фонтанировании. Это надо срочно “застолбить” в серии публикаций в международных и российских журналах.

**Третье защищаемое положение - Предложен новый метод физического моделирования вулканических процессов, основанный на исследовании газогидродинамических потоков в протяженных прозрачных вертикальных колоннах, с помощью специально сконструированной крупногабаритной экспериментальной установки.**

Это положение детально раскрыто в главе 3 – *Комплекс аппаратуры для моделирования базальтовых извержений (КАМБИ) и предпосылки его создания.*

Особо следует отметить ведущую роль диссертанта в обосновании необходимости такой установки и в непосредственном ее создании в ИВиС ДВО РАН для объяснения причин выявленных основных групп периодичности извержений Ключевского вулкана.

В данной главе изложена история мирового изучения двухфазных смесей – газожидкостных потоков, дана критическая оценка существующих в мире методик исследования. Детально описаны сама созданная система КАМБИ и принципы ее работы.

В результате была разработана новая схема изучения режимов течения газожидкостных потоков – от собственно жидкостного до собственно газового. Впервые

установлены типы проявления: пенный, пенных кластеров, заблокированных кластеров и открытых кластеров.

Диссертантом выявлено, что характер газогидродинамических режимов зависит от поперечных размеров подводящего канала – в узких каналах образуются заблокированные кластеры и газовые снаряды, в широких – формируется пенный режим и пенные кластеры.

*Все же следует отметить, что речь идет о поперечниках труб в экспериментальной модельной установке в 18 – 50 мм, а как это будет проявляться в природных системах при более обширных подводящих каналах конкретных вулканов остается неясным.*

Четвертое защищаемое положение – **Установлены механизмы периодических и монотонных типов извержений жидких базальтовых – андезибазальтовых магм** – изложены в главе 4 – **Механизмы пульсирующего фонтанирования, стромболианских взрывов и периодического фонтанирования (экспериментальное моделирование).**

Цель - изучение процессов, обеспечивающих формирование в подводящем канале вулкана газовых структур, определяющих возникновение впервые установленных диссертантом в кратере Ключевского вулкана типов проявления извержений лавы: пульсирующее фонтанирование, стромболианские взрывы и периодическое фонтанирование.

Детально описаны результаты опытов на КАМБИ и их сопоставление с наблюдаемыми реальными природными явлениями на Ключевском вулкане.

Показано, что в зависимости от расхода жидкости реализуются потоки равномерный или периодический при разных типах режимов, выявлены ранее неизвестные режимы течения: пенный (монотонное фонтанирование бомб) или пенных кластеров (пульсирующее фонтанирование).

Также выявлено, что при отсутствии в свободной фазе газа жидкостной режим способствует спокойному равномерному излиянию лавы. Может наблюдаться также слабое кипение на поверхности лавы или же постоянная пепловая эмиссия. Увеличение количества газовой фазы приводит сначала к росту пепловых проявлений (пузырьковый или кластерный режимы), затем к их уменьшению (снарядный режим), а потом вновь к возрастанию (снарядно – шлейфовый режим). Кластеризация газожидкостного потока в питающем канале приводит к формированию режима периодического фонтанирования базальтовых расплавов.

Следует подчеркнуть новаторство диссертанта в получении новых закономерностей характера движения газожидкостных систем в вертикальном канале, доселе неизвестных из анализа мировых данных.

Эти исследования имеют также важное значение для понимания процессов, происходящих в грязевых вулканах и при добыче нефти.

Хотелось бы отметить и некоторые недостатки, присущие проведенным исследованиям и их сопоставлению с реальными вулканическими событиями. В первую очередь, это, конечно, несопоставимые размеры вертикальных сечений труб установки и реальных вулканических подводных каналов. Но главное, в эксперименте использованы только азот и углекислый газ. В то же время известно, что при извержениях на Камчатских вулканах выносятся также огромное количество фтора, водорода, метана и др. флюидов. Поведение такой смеси газов, наверное, более сложно и не столь однозначно, как следует из наблюдений при экспериментах.

Впрочем, сам диссертант косвенно подтверждает это, говоря о необходимости проведения дальнейших комплексных природных и экспериментальных исследований характера извержений вулканов Камчатки.

Отмеченные замечания безусловно связаны с огромным обработанным массивом разнообразных геологических, вулканологических и геофизических наблюдений, проведенным автором диссертации, и не умаляют важности и убедительности обоснования предлагаемых защищаемых положений.

По своему уровню предложенная работа отвечает всем правилам, предъявляемым к докторской диссертации, а ее автор – Озеров Алексей Юрьевич – заслуживает присуждения искомой ученой степени – доктора геолого – минералогических наук.

Несомненно, данную работу после жесткого редактирования необходимо опубликовать.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Основные защищаемые положения опубликованы в рецензируемых журналах.

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

Доктор геолого-минералогических наук  
ведущий научный сотрудник  
Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии  
(ИГЕМ) РАН

Адрес: 119017 Москва, Старомонетный пер., 35  
Телефон: +7 499 230-84-05; E-mail: kam@igem.ru

Подпись руки  
удостоверяется.

Начальник этого отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук ФАНО России



Курчавов  
Анатолий Михайлович  
12 мая 2016 г.

