

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Грекова Евгения Михайловича
на тему: «Закономерности режима вулканической сейсмичности в периоды
магматических интрузий»
по специальности 1.6.9. Геофизика**

Актуальность избранной темы

Диссертационная работа Е.М. Грекова посвящена исследованию закономерностей режима вулканической сейсмичности, возникающих в периоды магматических интрузий. Актуальность темы определяется тем, что сейсмические рои являются одним из основных проявлений процессов, сопровождающих внедрение магмы, однако их временная структура и связь с развитием магматического процесса изучены недостаточно. Особый интерес представляет возможность выявления устойчивых признаков, позволяющих различать типы развития роя и оценивать стадию происходящего процесса.

В работе обоснована необходимость количественного анализа формы временного профиля сейсмической активности, ее асимметрии и изменения параметра *b-value*. Такой подход позволяет перейти от описания отдельных последовательностей землетрясений к сравнительному анализу различных вулканических систем.

Целью работы является выявление закономерностей режима вулканической сейсмичности, возникающих в периоды магматических интрузий, на основе анализа временной структуры сейсмических роев и ее взаимосвязи с параметром *b-value*.

Для достижения поставленной цели автор решает **задачи** по формированию и анализу выборки вулканических сейсмических роев, оценке их представительной магнитуды, исследованию временных профилей сейсмической активности и их асимметрии, определению параметра *b-value* и

характера его изменения во времени, а также сопоставлению выявленных закономерностей для различных вулканических систем.

Содержание и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследования, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается современное состояние проблемы, приводятся общие сведения о вулканизме и вулканической сейсмичности, рассматриваются природа вулканических роев и особенности параметра наклона графика повторяемости. Вторая глава посвящена методам оценки представительной магнитуды, параметра b -value и временной асимметрии сейсмических роев. В третьей главе представлены результаты анализа сейсмичности 32 роев, связанных с интрузивными процессами на семи вулканах, расположенных в различных геодинамических обстановках.

В четвертой главе проводится обобщение полученных результатов и их физическая интерпретация. Выделяется группа из пяти наиболее отрицательно-асимметричных роев и анализируются общие для них особенности временной структуры и изменения параметра b -value. Полученные закономерности сопоставляются с результатами лабораторных экспериментов по акустической эмиссии и рассматриваются в контексте возможных механизмов накопления дефектов и последующей локализации разрушения при магматических интрузиях.

В заключении обобщаются выявленные закономерности, обсуждается их возможная физическая интерпретация в связи с развитием магматических интрузий, а также рассматривается возможность использования полученных характеристик при анализе и мониторинге вулканической сейсмичности. В

заключительной части также обсуждаются перспективные направления дальнейших исследований, связанные с проверкой и развитием предложенной интерпретации закономерностей вулканической сейсмичности.

Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций

Поставленная в диссертации цель соответствует содержанию работы, а сформулированные задачи последовательно раскрывают основные этапы исследования. Обоснованность полученных результатов обеспечивается применением современных методов обработки и статистического анализа каталогов землетрясений. Для определения представительной магнитуды используется метод LLS, результаты которого сопоставляются с оценками, выполненными с помощью альтернативных подходов. Оценка параметра b -value выполняется методом максимального правдоподобия Бендера, а его неопределенность анализируется с использованием бутстрэп-подхода.

Существенной частью работы является анализ временной структуры сейсмических роев и количественная оценка ее асимметрии. На основе рассмотренного массива данных выделена группа роев с выраженной отрицательной асимметрией, характеризующихся постепенным нарастанием активности и ее более быстрым спадом после достижения максимума. Для них выявляется также характерная динамика параметра b -value: на ранних стадиях его значения могут быть существенно повышенными, после чего по мере развития процесса происходит их снижение.

Полученные закономерности позволяют автору связать форму временного профиля и эволюцию сейсмичности с развитием процесса магматического внедрения. Предложенная физическая интерпретация, основанная в том числе на аналогии с экспериментальными исследованиями акустической эмиссии, сформулирована как возможная модель механизма наблюдаемых

закономерностей. Рекомендации по использованию временной структуры роев и параметра b -value для анализа динамики вулканических процессов логично следуют из полученных результатов.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов определяется репрезентативным объемом исходного материала, использованием каталогов землетрясений различного происхождения и применением обоснованных статистических методов. В работе учитываются ограничения исходных данных и возможное влияние неполноты каталогов на оценки параметров сейсмичности. Сопоставление различных методов определения представительной магнитуды, оценка статистической неопределенности параметра b -value и анализ его временных изменений повышают устойчивость сделанных выводов.

Важным подтверждением достоверности является повторяемость основных особенностей временной структуры на нескольких вулканах и для роев различной продолжительности. Полученные результаты сопоставляются с ранее опубликованными наблюдениями и экспериментальными данными. При этом автор не рассматривает предложенную физическую интерпретацию как однозначно доказанную, что соответствует имеющемуся объему данных.

Научная новизна и значимость полученных результатов

Научная новизна работы заключается, прежде всего, в количественном анализе временной структуры значительного числа вулканических сейсмических роев и выделении характерных типов их развития. Показано, что для части роев, связанных с магматическими процессами, характерна выраженная отрицательная асимметрия временного профиля, отражающая специфическую последовательность нарастания и спада сейсмической активности.

Новым результатом является также установление связи между формой временного профиля и изменением параметра b -value. Для исследованных роев с выраженной отрицательной асимметрией отмечается тенденция от высоких значений b -value на ранних стадиях к более низким значениям по мере приближения к кульминации процесса. В совокупности с анализом временной кластеризации эти результаты позволяют рассматривать параметры временной структуры и b -value как взаимодополняющие характеристики развития вулканической сейсмичности.

Теоретическая значимость работы состоит в расширении представлений о закономерностях формирования сейсмических роев при магматических интрузиях и в сопоставлении наблюдаемых закономерностей с моделями накопления и локализации деформационных дефектов. Практическая значимость связана с возможностью использования количественных характеристик временного профиля и параметра b -value при мониторинге вулканической сейсмичности и оценке динамики магматических процессов.

Замечания по диссертации

1. К недостаткам работы следует отнести использование готовых каталогов вулкано-тектонических землетрясений без дополнительной верификации генезиса событий. Приведённые примеры вулканов Августина и Миякедзима показывают, что такие каталоги могут содержать события иного происхождения, которые искажают графики повторяемости. В связи с этим дополнительная автоматизированная сепарация событий, например, на основе спектральных характеристик сигналов, могла бы повысить надёжность получаемых результатов.

2. Недостаточно убедительным представляется статистическое обоснование третьего защищаемого положения. Вывод об отсутствии характерного типа роев в условиях тектонического рифтового растяжения

основан на сравнении лишь семи вулканов: соответствующий тип роев выявлен на всех четырех вулканах вне рифтовых зон и только на одном из трех рифтовых вулканов. При столь малом числе независимых объектов, а также при наличии исключения в виде Баурдарбунги, где данный тип роев также наблюдался, представляются недостаточными основания для столь общего утверждения. Целесообразно было бы дополнительно оценить статистическую значимость выявленного различия.

3. Не для всех используемых параметров анализа приведено достаточное обоснование их выбора и оценка устойчивости результатов к их изменению. Например, при анализе вариаций *b-value* используются скользящие окна шириной 80 событий со сдвигом 25 событий, а также окна шириной 50 событий со сдвигом 1 событие, тогда как причины выбора именно этих параметров не обсуждаются. Аналогичный вопрос возникает при оценке вариаций представительной магнитуды, для которой используются окна шириной 150 событий со сдвигом 25 событий. Целесообразным было бы оценить чувствительность основных результатов к изменению параметров окон либо обосновать их выбор со ссылкой на соответствующие методические исследования.

4. Представляется недостаточно обоснованным критерий выделения отдельных роев при анализе Миякедзимы. В результате одного периода интрузии в выборку включён 21 рой, тогда как для большинства других вулканов рассматривается 1–4 роя. При этом не обсуждается, в какой мере выделенные на Миякедзиме последовательности представляют собой независимые рои, а не отдельные фазы единого роевого процесса. Это может существенно влиять на статистический вес данного вулкана при обобщении результатов по всей выборке.

Следует подчеркнуть, что указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, а скорее являются рекомендациями для

дальнейшего углубления данного направления исследований вне рамок настоящей диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Е.М. Грекова отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9. Геофизика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Греков Евгений Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
Лаборатории геодинамики, георесурсов,
георисков и геоэкологии
Федерального государственного бюджетного учреждения
науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук»

КРЫЛОВ Артём Александрович

Контактные данные:

тел.:



04.09.2026

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Адрес места работы:

117997, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук»,
Лаборатория геодинамики, георесурсов,
георисков и геоэкологии

Тел.: [REDACTED]

Александр Гаврилов

Т. н. н.

04.08.2016

