

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.022.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12 сентября 2022 г. № 10 о присуждении Шакировой Александре Альбертовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Сейсмичность вулкана Кизимен (п-ов Камчатка) при извержении в 2010-2013 годах» по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 11.07.2022 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д003.022.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, приказ Минобрнауки России № 931/нк от 28.09.2017 г.

Соискатель Шакирова Александра Альбертовна, 1988 г. рождения, в 2010 г. окончила ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» по специальности «Геофизика» (специализация сейсмометрия и сейсмология).

Работает младшим научным сотрудником лаборатории акустического и радонового мониторинга в Камчатском филиале ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (КФ ФИЦ ЕГС РАН).

Диссертация выполнена в Камчатском филиале ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук». В 2018 г. была прикреплена соискателем к КФ ФИЦ ЕГС РАН.

До июля 2021 г. научным руководителем являлся доктор физико-математических наук Фирстов Павел Павлович. В связи с его уходом из жизни научным руководителем назначен доктор физико-математических наук, доцент Салтыков Вадим Александрович, заведующий лабораторией сейсмического мониторинга КФ ФИЦ ЕГС РАН.

Официальные оппоненты:

- 1) Собисевич Алексей Леонидович – доктор физико-математических наук, член-корр. РАН, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории фундаментальных проблем экологической геофизики и вулканологии (ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва);
- 2) Радзиминович Наталья Анатольевна – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник лаборатории комплексной геофизики (ФГБУН Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск).

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – ФГБУН Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский в своем положительном отзыве,



составленном кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником, Ивановым Виктором Васильевичем указала, что новизна диссертации состоит в следующем:

- извержение дацитового вулкана Кизимен в 2010-2013 годах было изучено инструментальными методами на Камчатке впервые;
- впервые для вулкана Кизимен определены типы вулканических землетрясений и их особенностей в зависимости от меняющегося характера извержения;
- изучена динамика характерного сейсмического режима «drumbeats» (барабанный бой), рассмотрена его связь с активностью вулкана и предложена модель генерации этих сейсмических явлений.

Диссертация Шакировой Александры Альбертовны отвечает всем требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях списка ВАК опубликовано 4 работы.

В опубликованных работах изложены основные положения диссертационной работы.

Наиболее значимые по теме диссертации работы:

1. Фирстов П.П., Шакирова А.А. Сейсмические явления, сопровождавшие извержение вулкана Кизимен в 2011 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 2. Вып. № 18. С. 7-13. <http://www.kscnet.ru/journal/kraesc/article/viewFile/410/pdf>
2. Фирстов П.П., Шакирова А.А. Особенности сейсмичности в период подготовки и в процессе извержения вулкана Кизимен (Камчатка) в 2009-2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2014. № 4. С. 3-20. <https://doi.org/10.7868/S0203030614040026>
3. Фирстов П.П., Шакирова А.А. Сейсмический режим «drumbeats», предваряющий и сопровождающий извержения андезитовых и дацитовых вулканов и его особенности (обзор) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 3. Вып. № 43. С. 75-88. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-3-43-75-88>
4. Shakirova A., Firstov P. Features of the Kizimen volcano area seismicity prior to and during the 2010-2013 eruption // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2022. V. 421. P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107420>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Булычева А.А., д. физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой геофизических методов исследования земной коры геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова» (г. Москва);
2. Долгой А.А., к. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (г. Петропавловск - Камчатский);
3. Кулакова И.Ю., член-корр. РАН, д. физ.-мат. наук, зав. лабораторией Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (г. Новосибирск);
4. Носковой Н.Н., к. геол.-мин. наук, с.н.с. геофизической обсерватории «Сыктывкар» Института геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения РАН – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения РАН» (г. Сыктывкар);
5. Рашидова В.А., к. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (г. Петропавловск-



Камчатский); 6. Шапиро Н.М., д. наук, ведущий научный сотрудник Гренобльского Института Физики Земли (г. Гренобль, Франция), Института Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва); 7. Тимофеева В.Ю., д. физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (г. Новосибирск); 8. Сдельниковой И.А., к. физ.-мат. наук, научный сотрудник ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (г. Обнинск); 9. Белоусова А.Б., к. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Белоусовой М.Г., к. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский).

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся критические замечания:

1) Мультиплеты представляют собой длиннопериодные землетрясения, в которых весьма проблематично разделить продольные и поперечные волны. 2) Судя по приложенным картам распределения сейсмичности, расстояние от источников мультиплетов до станции KZV не превосходит 5 км. При этом разностное время между P и S волнами меняется от 0.7 до 1.6 секунды. 1 секунда соответствует расстоянию примерно 8 км, что больше, чем ожидается в нашем случае. При этом для станции TUMD разностные времена получаются вполне разумными. 3) Комментарий по рис. 6. Сопоставляя его с рис. 7, можно видеть, что малые разностные времена в начале и конце соответствуют выжиманию экструзии (зеленые), максимальные разностные времена – пирокластическим потокам и эксплозиям (красные), а промежуточные значения лавовым потокам. В связи с этим кажется, что никакой миграции источников мультиплетов нет, а есть разные процессы, происходящие в различных локациях. Почему на рис. 6 на красной кривой только 8 точек, а не 19, как количество мультиплетов в таблице? 4) Как происходит локализация большого количества землетрясений drumbeats? По определению, семейство мультиплетов определяется по схожести сигнала, что говорит о том, что все события в семействе происходят в одной точке за счет неразрушающего воздействия. Таким образом, общее количество индивидуальных локаций должно быть равно количеству семейств, то есть 19. 5) Было бы интересно, если бы на рис. 7 мультиплеты разделялись не только по типам, но и по семействам. 6) Локализация мультиплетов производится по двум станциям, что вряд ли может обеспечить надежное определение координат. Приведенные оценки точности кажутся излишне оптимистичными. 7) Тоже самое по локализации вулканотектонических землетрясений, большинство из которых определены по одной станции. При очень маленьком интервале времени между P и S волнами и высоком уровне шума, по поляризации P-волны невозможно надежно определить направление на источник. 8) Модель лавового потока, как источника сигнала drumbeats, кажется нереалистичной. Во-первых, лава не скользит по подобно бруску, как показано на рис. 8, а плывет, то есть больше похожа на бульдозер. В этом случае никакого проскальзывания не происходит. Движение лавы происходит на значительной площади, в то время как сигнал мультиплета представляется локализованным в точке. При перемещении потока по его свойства и геометрия постоянно и достаточно быстро меняются, так что представляется невероятным генерация в нем абсолютно похожих сигналов в одной точке на протяжении длительного времени. Для объяснения этого сигнала больше подходят процессы, происходящие внутри вулкана на некоторой глубине. 9) Формулировка защищаемых положений больше соответствует выводам. При неоспоримой значимости сути выносимых на защиту положений форма их изложения несколько проигрывает содержанию. 10) Из текста автореферата не совсем ясно, по какому принципу выделены три типа режима «drumbeats». Судя по таблице, мультиплеты типов I и II пересекаются во времени в промежутке с 10 по 14 сентября. На рис. 7б это видно, а на рис. 7а наложения нет. 11) В тексте автореферата дано общее описание программы «DrumCorg», с помощью которой выделялись мультиплеты. Математический аппарат, использованный в программе, можно было бы описать в автореферате более подробно. Также интересен вопрос, задавалось ли в программе минимальное значение коэффициента корреляции при отнесении землетрясений к тому или иному мультиpletу? Если да, то каким образом менялось количество мультиплетов и их параметры при увеличении минимального значения коэффициента корреляции? 12) В тексте



авторреферата присутствуют грамматические и пунктуационные ошибки, а также огрехи оформления. 13) Во втором защищаемом положении следовало бы указать, где расположены и что представляют собой эти две пространственные области слабых землетрясений. 14) Вторая часть защищаемого положения три неудачно сформулирована, в результате чего у читателей может возникнуть мнение, что ранее на вулкане Кизимен наблюдался сейсмический режим «drumbeats», обусловленный выжиманием вершинной экструзии. 15) Часть б рисунка 1 и части а-в рисунка 3 плохо читаемы. 15) На рисунке 2в приведены глубины землетрясений в 2009-2013 годах. Какова ошибка определения глубин? 16) На рисунке 4б показан вертикальный разрез и расположение очагов вулканических землетрясений, выделены два сейсмогенных объема на глубинах от поверхности до 6 км. Какова ошибка вычисления гипоцентров, могут ли особенности распределения являться отражением распределения приемных устройств?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области сейсмологии и вулканологии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *выявлено* увеличение напряжений в среде в районе вулкана Кизимен непосредственно перед извержением в 2010-2013 гг. на основе уменьшения наклона графика повторяемости землетрясений;

*выявлены* закономерности распределения очагов слабых землетрясений с энергетическим классом  $K_s < 5$  перед извержением вулкана Кизимен в 2010-2013 гг.;

*выделены* различные типы вулканических землетрясений, регистрируемых при извержении вулкана Кизимен, и определены их особенности в зависимости от меняющегося характера извержения;

*выделен* тип сейсмического режима «drumbeats», связанный с движением вязкого лавового потока по склону вулкана;

*предложена* модель генерации сейсмического режима «drumbeats» как возбуждение автоколебательного процесса с механизмом прилипания-скольжения «stick-slip».

*Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:*

Изложенные результаты исследования извержения вулкана Кизимен в 2010-2013 гг. вносят важный вклад в создание комплекса прогностических признаков, которые могут применяться при дальнейшем мониторинге вулкана Кизимен, а также вулканов схожего типа по всему миру.

Главным методом контроля состояния вулканов и прогнозирования их поведения является сейсмический мониторинг, полученные результаты вносят весомый вклад в раздел Наук о Земле, способствуют более глубокому пониманию природы вулканических процессов и связанных с ними вулканических землетрясений.

*Оценка достоверности результатов исследования выявила:*

*достоверность полученных результатов* определяется большим объемом экспериментального материала, согласованностью результатов наблюдений с мировыми данными;

*методы исследования* состояли из различных способов интерпретации сейсмических данных со статистическим обоснованием оценок;

*теоретические положения* диссертационного исследования основываются на известных достижениях фундаментальной и прикладной научной дисциплины – сейсмология;

*использованы* данные, полученные соискателем за время работы в Камчатском филиале Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая Служба РАН»;



установлено, что выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и современными идеями по исследуемой проблематике; исследование опирается на обширный массив материалов отечественной и зарубежной литературы;

использованы современные технологии при обработке сейсмологического материала.

Личный вклад соискателя состоит в следующем. Автор принимал участие на всех этапах исследований, лично обрабатывал весь приведенный в диссертационной работе сейсмологический материал, участвовал в анализе полученных результатов. Автором лично написано более 2/3 объема публикаций по теме диссертации. Автор являлся руководителем проекта РФФИ №12-05-31186 (мол\_а) «Особенности сейсмических явлений, сопровождавших извержение вулкана Кизимен в 2010-2012 гг.», а результаты исследований, полученные в рамках проекта, вошли в диссертационную работу.

Основные выводы и положения диссертации были продемонстрированы в докладах и выступлениях на научных российских и международных конференциях, а также опубликованы в российских научных журналах, входящих в перечень ВАК.

На заседании 12 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Шакировой Александре Альбертовне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых 6 докторов наук из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН



Гладкочуб Д.П.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат физико-математических наук

Добрынина А.А.

12 сентября 2022 г.