

Colima, 1 August 2022

Dr. Anna A. Dobrynina

Scientific Secretary of the Dissertation Council D.003.022.03
at the Institute of the Earth's Crust of the Siberian Branch of
the Russian Academy of Sciences
664033, Irkutsk, Street Lermontova, 128.

Phone off.: 7(3952)427000; 7(9501)200270

Dear Dr. Anna A. Dobrynina,

I send you my review of the aforeferat of dissertation "SEISMICITY OF THE KIZIMEN
VOLCANO (KAMCHATKA PENINSULA) DURING THE ERUPTION IN 2010-2013",
submitted by Alexandra Albertovna SHAKIROVA in partial satisfaction of the
requirements for the degree of Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy.

Best regards,



Dr. Vyacheslav M. Zobin

Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos,

Universidad de Colima, Colima, México

Review

of the aforeferat of dissertation “SEISMICITY OF THE KIZIMEN VOLCANO (KAMCHATKA PENINSULA) DURING THE ERUPTION IN 2010-2013”, submitted by Alexandra Albertovna SHAKIROVA in partial satisfaction of the requirements for the degree of Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy

Dissertation of A.A. Shakirova is devoted to study of dynamics of eruptive process using the seismic signals recorded at different stages of eruption at andesitic volcano Ksudach (Kamchatka). The eruption, which continued from November 2010 to December 2013, was preceded by preliminary seismic activation from October 2009. The seismic network of three seismic stations, installed in the region of the volcano, as well as the regional Kamchatkan seismic network, allowed high quality registration of the seismic signatures of eruption events.

The main subjects of analyses, presented in this dissertation, are concerned to two types of seismic events: volcano-tectonic (VT) earthquakes and so called “drumbeats (DB)”. Their informativity for understanding of eruption process is discussed.

VT earthquakes are generated by stresses, which arise during magma migration in the Earth's crust. These earthquakes may be caused by shear or tensile fracturing during magma movement from depth to the Earth's surface through conduits and dykes. VT earthquakes occur within and around the volcanic edifice and reflect the interaction of two general geological processes: the magma migration to the Earth's surface and the crustal tectonic activity. The study of spatial and temporal distributions of VT events allows to better understand the development of eruptive process.

In this dissertation, the catalog of 3611 VT earthquakes, occurring at the depths between -3 km (above sea level, asl) and 19 km (beneath sea level, bsl) with magnitudes ML from 0.8 to 5.2 is used. The epicentral field of VT events, recorded in 2009-2013,

developed along the SW-NE regional faults where the volcano is situated. Analysis of the depth distribution of VT events allowed to propose the position of magma chamber at the depths from 5 to 11 km bsl.

The number of VT earthquakes, as was showed by the author, sharply decreased with beginning of eruption. Analysis of temporal variations of b -values, reflecting the comparative participation of small and large earthquakes in the volcanic activation (a low b -value indicates larger proportion of large earthquakes), gave possibility to check the variations in the stress situation in the region of volcano. A gradual decrease in b -values during 10 months before the beginning of the eruption indicated a stress increase in the active zone while during the eruption the b -values began to grow reflecting a general stress decrease.

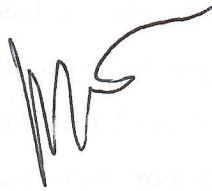
As is seen, the author successfully discussed in detail the informativity of VT sequences for better understanding of the eruption dynamics.

The seismic signals of micro-earthquakes, called as “drumbeats (DB)”, are also informative for understanding of eruptive processes. The swarms of these micro-earthquakes, that were observed firstly during the 2004-2005 effusive-explosive activity at Mount St.Helens volcano, consisted of repetitive long-period (peak frequencies in the 2-3-Hz range) and hybrid (peak frequencies in the 8-16-Hz range) seismic signals which preceded and accompanied the extrusions of several dacitic spines. Most of these seismic signals occurred in families of similar events.

The first DB sequences were recorded at Kizimen volcano in 2010. They accompanied the growth of lava blocks in the crater and preceded a series of explosions. Later the swarms of DBs were recorded during formation of lava flows in 2011 and 2012. In this case, the author distinguished three types of the DB multiples: associated with the movement of the initial lava flow, with the movement of the secondary lava flow and with the growth of extrusion on the summit of volcano. As the author considers, the difference in these three types of dynamic characteristics of DBs may serve as the indicator of the type of effusive activity. The depths of occurrence of DBs were estimated at 0.9 to 1.9 km, their sources were located along the lava flows. Author developed the phenomenological model of generation of DBs as the result of self-oscillating process of the lava flow movement

along the slope of volcano. It was a first time, when DBs were met at Kamchatkan volcanoes, and this study, realised by the author, is important for better understanding of dynamics of effusive process of these volcanoes.

In conclusion, I am pleased to note the actuality of this study. Detailed knowledge of dynamics of volcanic eruption, obtained from the seismic monitoring, may be useful for development of the system of monitoring of volcanic activity in Kamchatka. These detailed studies of the seismic activity demonstrated a high level of scientific preparation of the author and her ability for analysis of seismic signals at volcano. The main results of this study were published in scientific journals. The dissertation is prepared at high scientific level and author can be honoured as the Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy.



Professor Vyacheslav M. Zobin,

Dr. in Physics & Mathematics (Seismology),

Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima,

Colima, México

vzobin@ucol.mx



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

COORDINACIÓN
GENERAL DE
INVESTIGACIÓN

ПЕРЕВОД

Отзыв

на автореферат диссертации «Сейсмичность вулкана Кизимен (п-ов Камчатка) при извержении в 2010-2013 годах», представленную Шакировой Александрой на удовлетворение требований на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Диссертация А. А. Шакировой посвящена изучению динамики извержения по сейсмическим сигналам, зарегистрированным на разных стадиях извержения андезитового вулкана Кизимен¹ (Камчатка). Извержению, продолжавшемуся с ноября 2010 г. по декабрь 2013 г., предшествовала предварительная сейсмическая активизация с октября 2009 г. Сейсмическая сеть из трех сейсмостанций, установленных в районе вулкана, а также региональная Камчатская сейсмическая сеть позволили качественно регистрировать сейсмические сигнатуры извержения. Основные темы анализа, представленные в данной диссертации, касаются двух типов сейсмических событий: вулcano-тектонических (ВТ) землетрясений и так называемого «барабанного боя» (ББ). Обсуждается их информативность для понимания процесса извержения. ВТ землетрясения генерируются напряжениями, возникающими при миграции магмы в земной коре. Эти землетрясения могут быть вызваны сдвигом или разрывом при растяжении во время движения магмы из глубины к поверхности Земли через каналы и дамбы. ВТ землетрясения происходят внутри и вокруг вулканической постройки и отражают взаимодействие двух общих геологических процессов: миграции магмы к поверхности Земли и тектонической активности земной коры. Изучение пространственного и временного распределения ВТ событий позволяет лучше понять развитие эруптивного процесса. В диссертации используется каталог 3611 ВТ землетрясений, произошедших на глубинах от -3 км (над уровнем моря) до 19 км (ниже уровня моря) с магнитудой M_L от 0.8 до 5.2. Эпицентральное поле ВТ событий, зарегистрированных в 2009-2013 гг., развивалось вдоль ЮЗ-СВ региональных разломов, где расположен вулкан. Анализ глубинного распределения ВТ событий позволил предположить положение магматического очага на глубинах от 5 до 11 км над уровнем моря.

Количество ВТ землетрясений, как показал автор, резко уменьшилось с началом извержения. Анализ временных вариаций значений b , отражающих сравнительное участие малых и сильных землетрясений в вулканической активности (низкое значение b указывает на большую долю сильных землетрясений), дал возможность проверить вариации напряженной ситуации в районе вулкана. Постепенное снижение значений b в течение 10 месяцев до начала извержения свидетельствовало об увеличении напряжения в активной зоне, тогда как во время извержения значение b стало расти, отражая общее снижение напряжения. Как видно, автору удалось подробно обсудить информативность ВТ последовательностей для лучшего понимания динамики извержения. Информативны для понимания эруптивных процессов и сейсмические сигналы микроземлетрясений, называемые «барабанным боем» (ББ). Рой этих микроземлетрясений, впервые наблюдавшийся во время эффузивно-эксплозивной активности вулкана Сент-Хеленс в 2004-2005 гг., состоял из повторяющихся длинопериодных (пиковые частоты в диапазоне 2-3 Гц) и гибридных (пиковые частоты в диапазоне 8-16 Гц) сейсмических сигналов, которые предшествовали и сопровождали выжимание нескольких дацитовых хребтов. Большинство из этих сейсмических сигналов произошло в семействах подобных событий. Первые последовательности ББ были зарегистрированы на вулкане Кизимен в 2010 г. Они сопровождали рост яванских блоков в кратере и предшествовали серии взрывов. Позже рои ББ были зафиксированы при формировании лавовых потоков в 2011 и 2012 гг. При этом

¹ В тексте отзыва написано Ксудач – опечатка автора

автор выделил три типа кратных ББ: связанные с движением исходного лавового потока, с движением вторичного лавового потока и с ростом экструзии на вершине вулкана. По мнению автора, различие динамических характеристик ББ этих трех типов может служить индикатором типа эффузивной активности. Глубины залегания ББ оценивались от 0.9 до 1.9 км, их источники располагались по ходу лавовых потоков. Автор разработал феноменологическую модель образования ББ в результате автоколебательного процесса движения лавового потока по склону вулкана. На камчатских вулканах ББ встречены впервые, и данное исследование, проведенное автором, важно для лучшего понимания динамики эффузивного процесса этих вулканов.

В заключение с удовольствием отмечаю актуальность данного исследования. Детальные знания о динамике вулканических извержений, полученные в результате сейсмического мониторинга, могут быть полезны для разработки системы мониторинга вулканической активности на Камчатке. Эти детальные исследования сейсмической активности продемонстрировали высокий уровень научной подготовки автора и ее способности к анализу сейсмических сигналов на вулкане. Основные результаты этого исследования были опубликованы в научных журналах. Диссертация подготовлена на высоком научном уровне, автору может быть присвоено звание кандидата геолого-минералогических наук.

Подпись

печать организации

Профессор Вячеслав М. Зобин

Доктор физико-математических наук (сейсмология)

Университетский центр вулканических исследований, Университет Колимы

г. Колима, Мексика

vzobin@ucol.mx

ПЕРЕВОД ВЕРЕН

Ученый секретарь Института земной коры СО РАН

Кандидат физико-математических наук

Добрынина Анна Александровна

Уч. секретарь



А.А. Добрынина

04.09.2022 г.

Подпись <u>Добрынина А.А.</u>	заверяю
Кадрово-правовой отдел Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук	
<u>Добрынина А.А.</u>	<u>Добрынина А.А.</u>
« 04 »	09 20 22 г.

