

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВУЛКАНИЧЕСКИХ РОЕВ В ПРЕДЭРУПТИВНЫЕ ФАЗЫ

Е. М. Греков*

Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

**E-mail: grekov.em16@physics.msu.ru*

Вулканические рои – это особый режим сейсмичности, характеризующийся большим количеством относительно слабых событий без выраженного основного толчка, происходящих за короткий промежуток времени в ограниченном пространстве. Они часто сопровождают и предвещают извержения; считается, что такой режим связан с процессами интрузий – внедрения магмы в горные породы под давлением. Однако конкретный механизм их инициации однозначно еще не определен [5, 3].

В данной работе с точки зрения сейсмического режима рассмотрен ряд вулканических роев, наблюдавшихся в предэруптивных фазах вулканов в зонах с разной природой вулканизма (субдукционная, рифтовая, «горячая точка»). Основное внимание уделено параметру наклона графика повторяемости (*b-value*), так как известно, что, в отличие от тектонической сейсмичности, для вулканических процессов наблюдается широкий спектр значений *b* (от аномально высоких – более 1.8, до аномально низких – менее 0.8) [4], однако причины этого в полной мере не ясны.

В результате анализа выделен особый тип вулканических роев. Для них характерен паттерн роста магнитуды и числа событий от начала роя к концу; при этом они завершаются сильнейшим событием в серии, а все прочие крупные события группируются во времени непосредственно перед ним. В рассмотренных случаях такие рои наблюдались в конце предэруптивной фазы, и сразу после них начиналось извержение. Также показано, что внутри этих роев значение *b* нестационарно во времени: оно меняется от аномально высокого в начале (более 1.8) к «классическому» (около 1) либо умеренно повышенному (около 1.5) в конце.

Такое поведение характерно для переходных режимов сейсмичности в целом [1] и соответствует модели эволюции разрушения от малых масштабов к более крупным. В случае интрузии такой переход может описываться моделью Хилла [2], рассматривающей возникновение вулканических роев как разрушение перемычек в эшелоне даек. В таком случае аномально высокие значения *b* связаны с начальной фазой роев выделенного типа, когда происходит множественное разрушение мелких перемычек. Также показано, что такой тип роев не наблюдается при интрузиях в зонах тектонического растяжения – там, где внедрение магмы, вероятно, происходит по уже раскрытым трещинам при меньшем сопротивлении горных пород.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда
(проект № 25-17-00094).*

Литература

1. Смирнов В.Б., Пономарев А.В. Физика переходных режимов сейсмичности. М. : РАН. 2020. – 412 с. ISBN 978-5-907036-90-1
2. Hill D.P. A model for earthquake swarms // Journal of Geophysical Research. 1977. Vol. 82. P. 1347–1352.
3. Keir D., De Siena L., Doubre C., Johnson J.H., Maccaferri F., Passarelli L. Editorial: Seismicity in Volcanic Areas // Front. Earth Sci. 2021. Vol. 9. P. 829460. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.829460>
4. Roberts N.S., Bell A.F., Main I.G. Are volcanic seismic b-values high, and if so when? // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. Vol. 308. P. 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.10.021>.
5. Roman D.C., Cashman K.V. The origin of volcano-tectonic earthquake swarms // Geology. 2006. Vol. 34 (6). P. 457–460. <https://doi.org/10.1130/G22269.1>

ANALYSIS OF THE SEISMIC REGIME OF VOLCANIC SWARMS IN PRE-ERUPTIVE PHASES

E. M. Grekov*

Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics of Russian academy of sciences, Moscow, Russia

**E-mail: grekov.em16@physics.msu.ru*

Volcanic swarms represent a distinct seismic regime characterized by a large number of relatively weak events without a clear mainshock, occurring over a short period within a confined space. They often accompany and precede eruptions; it is generally accepted that this regime is associated with intrusive processes – the injection of magma into host rocks under pressure. However, the specific mechanism of their initiation has not yet been clearly determined.

This study examines the seismic regimes of a number of volcanic swarms observed during the pre-eruptive phases of volcanoes with different nature of volcanism (subduction, rift, and hotspot). Particular attention is paid to the *b-value* – the slope of the frequency-magnitude distribution, as it is known that, unlike tectonic seismicity, volcanic processes exhibit a wide range of *b-values* (from anomalously high, > 1.8 , to anomalously low, < 0.8). However, the reasons for this variability are not yet fully understood.

Our analysis identifies a specific type of volcanic swarm characterized by a pattern of increasing magnitude and event rate from the onset to the end of the sequence. These swarms end with the largest event, while other major events are clustered in time immediately prior to it. In the cases studied, such swarms occurred at the end of the pre-eruptive phase and were immediately followed by an eruption. It is also shown that the *b-value* within these swarms is non-stationary: it evolves from anomalously high values at the beginning (> 1.8) to «classical» (around 1) or moderately elevated (~ 1.5) values toward the end.

Such behavior is typical of transitional seismic regimes in general and is consistent with the model of fracture evolution from small to larger scales. In the case of intrusion, this transition can be described by Hill's model, which attributes the initiation of volcanic swarms to the failure of bridges within an en-echelon dike system. In this context, anomalously high *b-values* are associated with the initial phase of such swarms, when numerous small bridges fail. Furthermore, it is shown that this type of swarm is not observed during intrusions in tectonic extension zones – where magma injection likely occurs along pre-existing open fractures with lower host-rock resistance.