

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КРОНОЦКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ И ВУЛКАН КИХПИНЫЧ)

Ю. А. Кугаенко, В. А. Салтыков, А. А. Коновалова
Камчатский филиал Геофизической службы РАН,
Петропавловск-Камчатский

SEISMOLOGICAL STUDY IN THE TERRITORY OF THE KRONOTSKY RESERVE (THE VALLEY OF THE GEYSERS AND KIKHPINYCH VOLCANO)

Yu. A. Kugaenko, V. A. Saltykov, A. A. Konovalova
Geophysical Survey of RAS, Kamchatkan Branch, Petropavlovsk-Kamchatsky

На территории Кроноцкого заповедника находятся уникальные природные комплексы, в т. ч. Долина гейзеров, где ранее не проводились локальные сейсмологические исследования. Актуальность таких работ подтверждается высокой геодинамической активностью района сочленения Узон-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии и вулканического массива Кихпиньч (Кугаенко и др., 2010а; Кириухин, Рычкова, 2011; Карданова, Дубровская, 2012; Lundgren, Lu., 2006), включая обвально-оползневые процессы 2007 и 2014 гг.

В 2007–2010 гг. в районе Долины гейзеров впервые проводился комплекс инструментальных сейсмологических наблюдений, имевший мультизадачный характер:

- исследование локальной сейсмичности на базе широкополосной цифровой регистрации временными станциями;
- уточнение и развитие модели внутреннего строения магматической системы по материалам профильной микросейсмической съемки;
- построение «сейсмических портретов» гейзеров.

Основные результаты исследований представлены ниже и отражены в ряде публикаций, в т. ч. (Кугаенко и др., 2010а, 2010б, 2011):

- Выявлена и исследована локальная сейсмичность. В ходе временных сейсмологических полевых наблюдений зарегистрировано большое число слабых локальных землетрясений $K_S=3-7$. Эпицентры землетрясений расположены компактно и в основном попадают под Кихпиньчский долгоживущий вулканический центр. Глубина землетрясений не превышает 5 км. Наиболее глубокие из зарегистрированных событий располагаются под зоной экстружий в восточной части депрессии. Большая часть сейсмических событий связана с областью

гидротермальных проявлений западной части вулканического массива Кихпинич.

- Методом низкочастотного микросейсмического зондирования построены глубинные разрезы до 30 км, отражающие распределение относительных скоростей поперечных сейсмических волн. Выполнена их комплексная интерпретация с использованием известных ранее результатов геологических, геолого-морфологических и петрологических исследований. Отмечается высокая согласованность полученных разрезов в их верхней части с геологическими представлениями об особенностях строения исследуемого района. Впервые на основании инструментальных сейсмологических наблюдений проиллюстрированы особенности строения магматической системы Кихпиничского долгоживущего вулканического центра. Локализованы как разновозрастные магматические камеры, обусловившие миграцию центров извержений, так и питавшие их обособленные глубинные магматические каналы. Идентифицирована и пространственно определена область древнего магматического очага кислого состава под Узон-Гейзерной депрессией. Наши результаты подтверждают предположение о том, что обширный магматический очаг под депрессией к настоящему времени в значительной степени закристаллизовался и представляет собой интрузив сложной формы, проявляющийся на разрезе как относительно высокоскоростная область на глубинах 2–12 км. Выявлены и локализованы предположительные области концентрации базальтовых расплавов: магматическая камера в диапазоне глубин 15–20 км под древним закристаллизовавшимся очагом и современный периферический магматический очаг непосредственно под вулканическим массивом Кихпинич в диапазоне глубин 5–12 км. Возможно, что магма именно из этих областей продвигается по периферии древнего очага и питает развивающееся магматическое внедрение. Получено согласие геометрии обнаруженных глубинных структур с локальной микросейсмичностью и моделью внедрения магмы в верхние горизонты коры по данным спутниковой интерферометрии, что позволяет уточнить возможное положение магматического внедрения.

- Разрабатываются сейсмические портреты гейзеров, что, в первую очередь, связано со спектральным анализом записей. Цель: получение дополнительных данных о режиме гейзеров. В настоящее время сейсмическим методом впервые исследованы крупные гейзеры долины: Большой, Великан, Жемчужный, короткопериодный гейзер Щель и пульсирующий кипящий источник Коварный. Для гейзера Великан по сейсмическим данным выявлены скрытые периодические промежуточные извержения (малый цикл), которые происходят под землей. Ранее они наблюдались только в фазе излива гейзера как промежуточные вскипания. На

этом основании предполагалось, что существует мощный высокотемпературный подземный источник, работающий в гейзерном режиме и являющийся определяющим фактором теплового питания и деятельности гейзера Великан. Существование подземного гейзера подтверждено сейсмическим методом. Предложено назвать его Сердце Великана. Результаты интерпретации сейсмических записей могут быть использованы для уточнения существующих индивидуальных моделей для гейзеров Камчатской Долины гейзеров.

Специализированные, специально спланированные исследования сейсмичности и строения земной коры, выполненные в районе Долины гейзеров, являются заметным научным событием и источником информации для формирования новых представлений о современной геодинамической обстановке этой территории.

Результаты сейсмологических исследований подтверждают возможность геодинамической активизации района «Долина гейзеров – вулкан Кихпинич», что, в свою очередь, может провоцировать развитие опасных процессов склоновой неустойчивости. Обосновывается необходимость организации постоянной сети локального сейсмического мониторинга этой территории.

С благодарностью отметим, что администрацией Кроноцкого заповедника было оказано всестороннее содействие нашему полевому отряду при проведении научных экспедиций.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке научных проектов РФФИ (грант 10-05-00139, 13-05-00117).

ЛИТЕРАТУРА

Карданова О. Ф., Дубровская И. К. 2012. Термоаномалии в кратере вулкана Старый Кихпинич и на конусе Савича (результаты данных ИК-съемки и наземных наблюдений за 30 лет: 1980–2010 гг.) // Матер. конф. «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН. С. 42–49.

Кирюхин А. В., Рычкова Т. В. 2011. Условия формирования и состояние гидротермальной системы Долины Гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Геоэкология. № 3. С. 238–253.

Кугаенко Ю. А., Салтыков В. А. 2011. Активность гейзеров в записях широкополосных сейсмических станций // Матер. конф. «Современный вулканизм и связанные с ним процессы», 29–30 марта 2010 г. Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН. С. 168–176.

Кугаенко Ю. А., Салтыков В. А., Горбатиков А. В., Степанова М. Ю. 2010а. Глубинная структура района Узон-Гейзерной вулкано-тектонической депрессии по данным микросейсмического зондирования // Докл. РАН. Т. 435. № 1. С. 96–101.

Кугаенко Ю. А., Салтыков В. А., Коновалова А. А. 2010б. Локальная сейсмичность района Долины Гейзеров по данным полевых наблюдений 2008–2009 гг. // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. № 1. Вып. 15. С. 90–99.

Lundgren P., Lu Zh. 2006. Inflation model of Uzon caldera, Kamchatka, constrained by satellite radar interferometry observations // *Geophysical Research Letters*. Vol. 33. L06301. doi:10.1029/2005GL025181