

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Коновалова А.А.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ku@emsd.ru

Проведение временных полевых сейсмологических наблюдений в наиболее интересных и геодинамически активных районах остается одним из важнейших направлений геофизических исследований. Сохраняют актуальность локальные временные сети в эпицентральных зонах сильных землетрясений, на активных вулканах, в районах проявления естественной и наведенной локальной микросейсмичности. Также рекогносцировочные сейсмологические наблюдения целесообразно проводить на малоизученных территориях, где планируется организация стационарных станций. Ранее на Камчатке развитию этого вида наблюдений уделялось значительное внимание [2]. Интересные результаты были получены при исследовании Большого трещинного Толбачинского извержения, на Ключевском вулкане, в районах повышенной сейсмической активности. Регистрация велась станциями с аналоговой записью сигналов на магнитную ленту. Со временем это оборудование устарело, носители информации пришли в негодность, а финансовые проблемы не позволяли обновить парк аппаратуры. В итоге на рубеже веков на Камчатке были прекращены временные полевые сейсмологические наблюдения.

В настоящее время ситуация с аппаратурой изменилась в лучшую сторону: начали использоваться цифровые регистраторы GeoSig GSR-24 (<http://www.geosig.com>), REFTEK (<http://www.reftek.com>), а в 2007-2009 гг. Камчатским филиалом Геофизической службы РАН были приобретены современные портативные широкополосные сейсмометры с обратной связью CMG-6TD производства Guralp Systems Ltd. (<http://www.guralp.com>). Сейсмометры CMG-6TD составят основу временных полевых сейсмологических наблюдений на Камчатке в ближайшие годы.

CMG-6TD относятся к категории портативных широкополосных приборов со встроенной флэш-картой и одновременно сочетает в себе функции сейсмического датчика и цифрового регистратора. Основные характеристики CMG-6TD: частотный диапазон от 0.03 до 100 Гц; чувствительность 2×1200 В/м/с; 3-канальный 24-разрядный АЦП; частота оцифровки: 100 отсч./сек.; встроенная флэш-карта 2Гб; срок автономности по емкости памяти флэш-карты: 14 суток; Options: Wi-Fi, Ethernet, Fi-Wi. Широкий частотный диапазон частот обеспечивается благодаря применению современной технологии форс-балансных датчиков с петлей обратной связи. Встроенный цифровой преобразователь с высокой точностью конвертирует полученные на выходе датчиков сигналы в цифровые данные. При подключении питания CMG-6TD начинает работать автоматически. Полученные данные могут передаваться во внешнюю систему регистрации или сохраняться на встроенной флэш-карте памяти. Точная временная привязка информации обеспечивается благодаря GPS-приемнику, связанному с CMG-6TD через коммутационный блок.

В 2008 г. эти приборы впервые не только на Камчатке, но и в России были опробованы в полевых условиях в районе Долины Гейзеров. В исследуемом районе был разбит полевой сейсмологический полигон (рис.1). Получены цифровые сейсмические записи фонового шума, региональных землетрясений, локальных сейсмических событий, связанных с геодинамической активностью района и гидротермальной активностью. Показано, что Долина Гейзеров подходит для организации здесь региональной сейсмической станции и по уровню фонового микросейсмического сигнала соответствует мировым требованиям. Подтверждена локальная сейсмическая активность низкого энергетического уровня в районе Долины Гейзеров [4].

В 2009 г. были проведены плановые полевые сейсмологические наблюдения в районе «Долина Гейзеров – вулканический массив Кихпиньч» и экстренные полевые сейсмологические наблюдения в районе «Щапинский грабен – вулкан Кизимен», связанные с активизацией слабой сейсмичности (рис.1).

Цель проведения работ в районе влк. Кизимен: детальное изучение сейсмичности для уточнения определений координат гипоцентров землетрясений для контроля развития событий в исследуемом районе, для которого возможен катастрофический сценарий вулканической активизации [5]. В ходе полевых работ были установлены 4 временные станции, которые совместно со станциями региональной сети TUM и KZM образовали локальную сеть. Первые результаты полевых работ в районе влк. Кизимен опубликованы в [3].

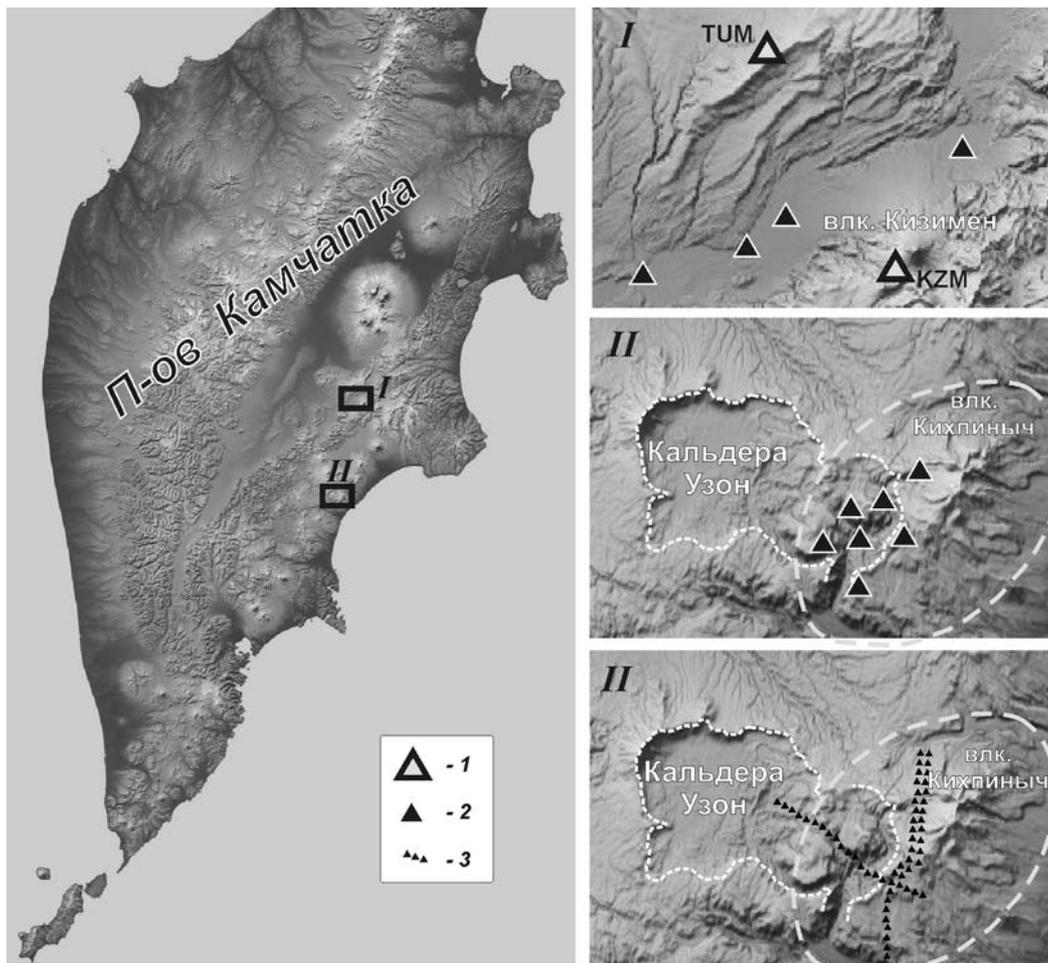


Рис. 1. Районы проведения полевых работ в 2008-2009 гг. I – район вулкана Кизимен и Шапинского грабена; II – район Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии и вулкана Кихпинич. 1 – сейсмические станции камчатской региональной сети; 2 – временные полевые станции; 3 – реперы микросейсмического профилирования.

В ходе полевых работ в районе «Долина Гейзеров – вулканический массив Кихпинич» были выполнены три независимых вида сейсмологических наблюдений, направленных на решение различных задач: регистрация слабой локальной сейсмичности в исследуемом районе; микросейсмическое профилирование; рекогносцировочная регистрация сейсмических сигналов на гейзерном поле.

Для обеспечения преемственности и повторяемости характеристик записи в разные временные интервалы сейсмометры были установлены на постаменты на полигоне, созданном в ходе полевых работ 2008 г. Учитывая негативный опыт работ на территории заповедника, были приняты меры для защиты и сохранности аппаратуры: оборудование размещалось под металлическими защитными жестко закрепленными крышками, что значительно сократило число случаев повреждения станций и потери данных.

Анализ записей фоновых сейсмических сигналов позволяет оценить условия регистрации. Для организации региональной сейсмической станции в районе Долины гейзеров предпочтительной представляется точка в районе верхней вертолетной площадки: доступность, близость к кордону (возможность обслуживания сотрудником заповедника), отсутствие антропогенных помех, соответствие международным стандартам по уровню шума (рис. 2). Место установки временной станции «Долина гейзеров» характеризуется интенсивным шумом в диапазоне частот 1-10 Гц, что может быть вызвано близостью гидротермальной системы или резонансными свойствами среды на этих периодах. Эта особенность фонового сигнала была отмечена и по материалам 2008 г.

В ходе полевых работ 2009 г. было выполнено микросейсмическое профилирование исследуемой территории (рис.1). Цель профилирования: построение модели глубинного строения под исследуемым районом методом низкочастотного микросейсмического зондирования [1]. Профили были заложены на основании результатов спутниковой интерферометрии, данных о геологическом строении района и рельефа. Пройдено три профиля с шагом 500 м: один - вкост Долины Гейзеров и два параллельных вдоль восточного борта депрессии с захватом части Кихпиничского вулканического массива. Общая длина профилей 27 км. Регистрировался фоновый сейсмический сигнал. Время регистрации в каждой точке – 2-3 часа. Общее количество пунктов регистрации: 57. В качестве опорных точек использованы станции описанной выше сейсмической микрогруппы, ориентированной на непрерывную автономную регистрацию. Работы выполнялись в ходе дневных радиальных маршрутов. Использовались широкополосных велосиметров Guralp CMG-6TD обеспечило надежную регистрацию поверхностных волн длиной до ~100 км (при скоростях волн Рэля до ~4 км/сек) и глубину зондирования до ~40 км.

Рис.3 иллюстрирует особенности установки регистрирующей аппаратуры.

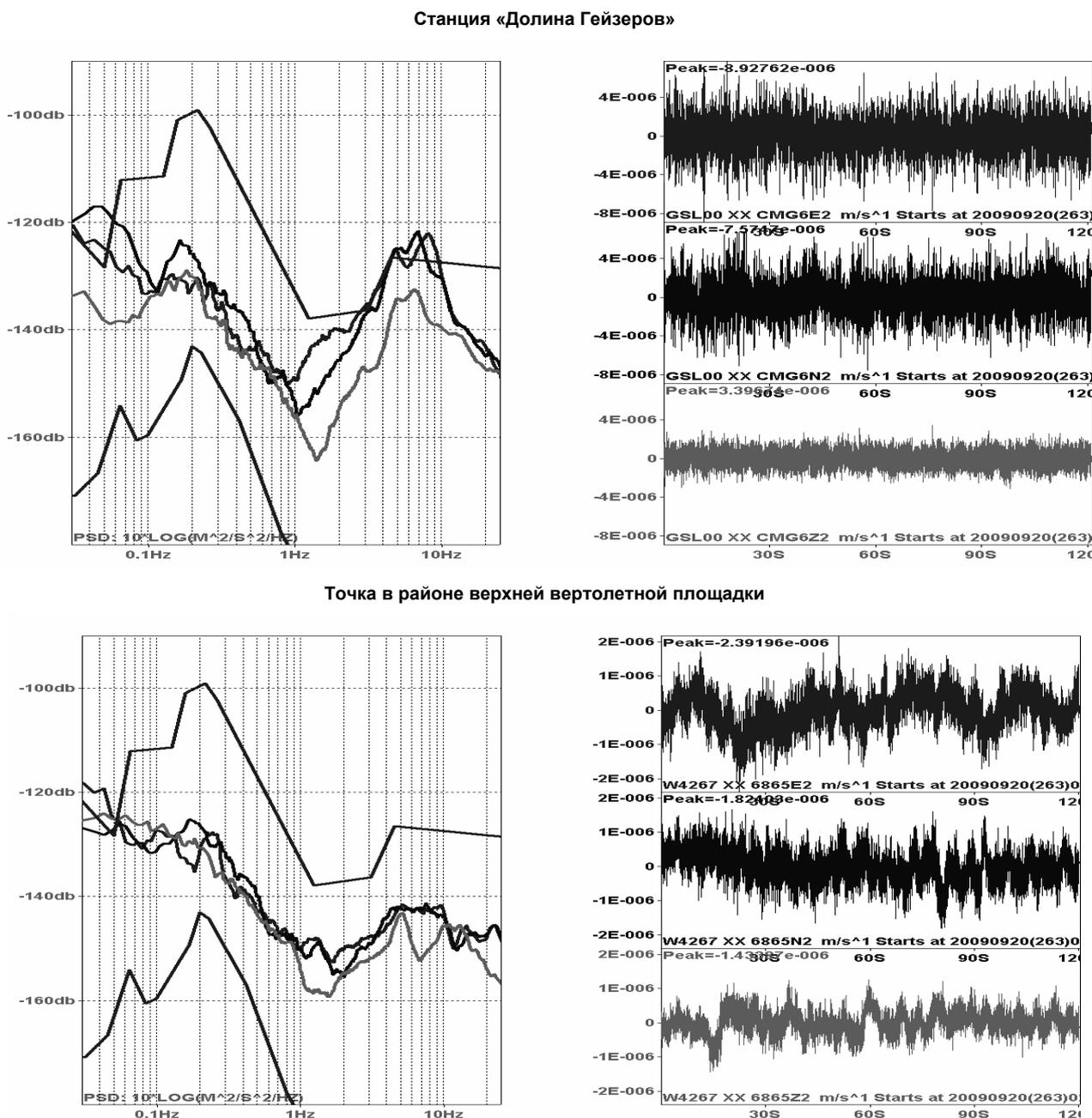


Рис.2. Фоновые сигналы и спектры для базовой станции «Долина гейзеров» на безымянной возвышенности около кордона Кроноцкого заповедника и в районе верхней вертолетной площадки .



Рис.3. Установка цифровых сейсмометров Guralp CMG-6TD в полевых условиях. Слева: установка для долговременной регистрации. Сейсмометр и батареи помещены в яму, на поверхности остается только GPS-антенна. Справа: подготовка сейсмометра к работе на микросейсмическом профиле. Для установки сейсмометра пробурена яма глубиной 0.5 м с диаметром 15 см. Электропитание осуществляется от портативного аккумулятора.

В камчатской Долине Гейзеров начаты работы по составлению «сейсмических портретов» гейзеров. Сейсмометры устанавливались непосредственно на дневную поверхность, без заглабления, поблизости от грифона. Сейсмическим методом исследованы крупные гейзеры Долины: Большой, Великан, Жемчужный, а также короткопериодный гейзер Щель и пульсирующий кипящий источник Коварный. Первые результаты обработки сигналов демонстрируют высокую информативность этого метода исследования гейзеров, учитывая новые возможности, связанные с широкополосной записью. Зарегистрированы медленные деформационные процессы, сопровождающие извержения гейзеров. Использовались как сейсмические каналы, так и служебные сертифицированные каналы «mass position», диагностирующие состояние прибора и работающие в режиме низкочастотного акселерометра. Получены данные, свидетельствующие о существовании в районе площадки гейзера Великан подземного гейзера, который предложено назвать Сердце Великана. Пример записи сейсмического сигнала на гейзерном поле приведен на рис. 4.

Заключение

В результате приобретения современных портативных средств регистрации сейсмических сигналов в КФ ГС РАН в 2008-2009 гг. возобновлены полевые сейсмологические наблюдения. Это позволило оперативно получить новую информацию о вулканических областях, ранее не исследованных геофизическими методами. Подтверждена целесообразность дальнейшего детального исследования районов Щапинского грабена, Узон-Гейзерной вулканно-тектонической депрессии, вулканов Кизимен и Кихпиныч.

Слабая геофизическая изученность указанных районов и отсутствие обоснованных представлений о глубинном строении корней вулканов серьезно затрудняют разработку прогнозных оценок их потенциальной активизации. Ощущается недостаток в данных базовых инструментальных наблюдений, в первую очередь – в данных о слабой локальной сейсмичности и современных движениях земной коры.

На базе современной цифровой аппаратуры начаты работы по составлению широкополосных «сейсмических портретов» гейзеров.

Полевые работы в районе Долины гейзеров в 2008 и 2009 гг. проведены благодаря финансовой поддержке РФФИ (экспедиционные гранты 08-05-10043, 09-05-10067)

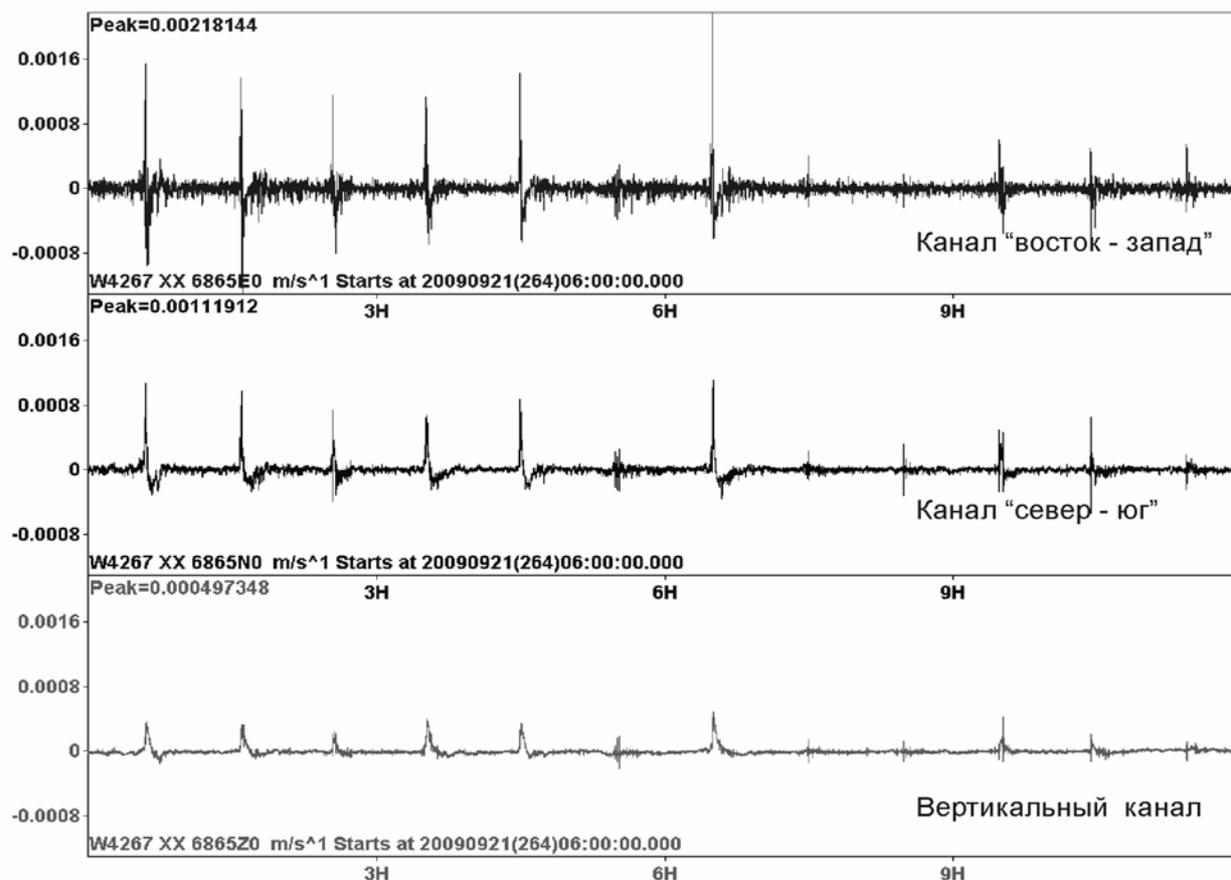


Рис.4. Оригинальный сейсмический сигнал, зарегистрированный вблизи гейзера Большого 21 сентября 2009 г. Период извержений 55-60 мин. В записи проявляется нестабильный характер работы гейзерного аппарата.

Список литературы

1. Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм // Физика Земли. 2008. №7. С.66-84.
2. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И., Сеницын В.И., Шевченко Ю.В., Ящук В.В. Система сейсмологических наблюдений // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2004. С. 11-42.
3. Кожевникова Т.Ю., Шакирова А.А. Исследование сейсмичности в районе вулкана Кизимен с 1960 по 2009 гг. // Материалы VII региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 25 ноября 2009 г. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. В. Беринга, 2009. С. 25-38.
4. Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А. Первые результаты исследования локальной сейсмичности Узон-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии на Камчатке. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2009. С.93-98.
5. Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Вольнец О.Н. Вулкан Кизимен – будущий Сент-Хеленс? // Вулканология и сейсмология. 1992. № 4. С.3-32.