

Отчет по экспедиционному проекту РФФИ 08-05-10043
«Организация и проведение сейсмологических наблюдений
в районе Долины Гейзеров на Камчатке, экспериментальное
профилирование концентрации водорода»

Сейсмический и геофизический мониторинг относится к технологиям уменьшения риска опасных природных явлений. Он базируется на организации сети непрерывных долговременных наблюдений на исследуемой территории. В современной трактовке мониторинг включает не только регистрацию, но и дальнейшую оперативную обработку и интерпретацию сейсмологических данных с выходом на прогнозные оценки. Особой актуальностью отличается организация мониторинга в районах, обладающих высокой геодинамической активностью и высокой вероятностью проявления опасных природных процессов. Именно к таким регионам относится и Камчатка. На полуострове успешно функционирует разветвленная сеть региональных сейсмических станций, которая начала создаваться в 1961-1962 гг. Сеть неравномерна: наибольшую плотность она имеет в районах активных вулканов (Авачинская и Северная группы), которые традиционно являются объектом особого внимания камчатских ученых. Район Долины Гейзеров значительно удален от пунктов ведения сейсмологических наблюдений. Ближайшей является сейсмостанция в районе Карымского вулкана, расположенная в 70 км к югу.

Имеющиеся данные по сейсмичности Долины гейзеров неполны, а отсутствие базовых инструментальных (геофизических, геодезических, сейсмологических) данных позволяет рассматривать район как малоизученный.

Подтверждением этому служат недавно опубликованные данные спутниковой интерферометрии (Lundgren et al., 2006) об активном поднятии примыкающего к Долине Гейзеров вулканического массива Кихпиныч на 15 см в 2001-2003 гг. Также неожиданной для научной общественности явилась геологическая катастрофа – гигантский оползень 2007 г., изменивший привычный облик Долины (Пинегина и др., 2008, Информация о катастрофе подробно освещена по Интернет-адресу http://www.kscnet.ru/ivs/geyser_valley/index.html на сайте Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.).

Встает вопрос об организации в районе Долины Гейзеров современной системы комплексного локального сейсмического, геофизического, геодезического мониторинга. Это достаточно объемные, трудоемкие и дорогостоящие работы. Реализация такого проекта возможна лишь при наличии целевого финансирования и требует детальной предварительной проработки. Первыми шагами в этом направлении можно считать проведенные в 2007 и 2008 гг. сейсмологические наблюдения временными автономными сейсмическими станциями. Работы были выполнены в рамках экспедиционных проектов РФФИ.

В 2008 г. экспедиция работала в двух основных направлениях, в соответствии с тематиками проводимых при поддержке РФФИ проектов:

1. Установка в районе Долины Гейзеров временной сейсмической микрогруппы из 4-6 станций с апертурой 4-5 км с захватом наиболее оползнеопасного участка ; многоканальная регистрация сейсмических сигналов;
2. Экспериментальное профильное опробование Долины Гейзеров с помощью портативного анализатора концентрации водорода.

Проведение экспедиции оформлено Приказом по Камчатскому филиалу Геофизической службы РАН № 150 от 26.09.2008. Сроки проведения работ: с 30 сентября по 15 ноября 2008 г. В проведении полевых работ участвовало 5 человек: Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Кузьмин Ю.Д., Леонов В.Л., Коновалова А.А. В подготовке аппаратуры, установке и снятии станций принимали участие сотрудники Камчатского филиала Геофизической службы РАН В.И. Сеницын, Е.С. Федоров, В.Н. Козлов, В.Ф. Воропаев, П.В. Воропаев, Д.В. Чебров. В подготовке материалов к обработке помощь оказал Д.В. Дроздин. Полезные практические рекомендации по работе с сейсмометрами SMG-6TD получены от Н.З. Захарченко, С.В. Захарченко и В.Н. Мишаткина (НПО «Вулкан», г. Обнинск). Хочется поблагодарить администрацию Кроноцкого государственного биосферного заповедника за понимание при согласовании работ и предоставление возможности полевому отряду базироваться на территории кордона «Долина Гейзеров».

Ниже приводятся развернутые иллюстрированные отчеты по каждому из видов работ.

1. Сейсмологические наблюдения

Аппаратура

В 2007-2008 гг. Камчатским филиалом Геофизической службы РАН при финансовой поддержке РФФИ были приобретены 7 современных портативных широкополосных сейсмометров с обратной связью CMG-6TD производства Guralp Systems Ltd. (<http://www.guralp.com>). В 2008 г. эти приборы впервые не только на Камчатке, но и в России были опробованы в полевых условиях в районе Долины Гейзеров. Сейсмометры CMG-6TD составят основу временных полевых сейсмологических наблюдений на Камчатке в ближайшие годы.

В 2008 г. полевые сейсмологические наблюдения базировались на сейсмометрах CMG-6TD, которые относятся к категории портативных широкополосных приборов со встроенной флэш-картой и могут одновременно сочетать 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 2 Гб;
- 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 разрешающей способностью 24 бита 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. Для энергопитания аппаратуры использовались блоки батарей «Лиман».

Центральная станция группы дублировалась комплексом, в состав которого включен трехкомпонентный блок короткопериодных сейсмометров CM-3 с периодом собственных колебаний 2 сек. и цифровой 24-разрядный регистратор GSR-24. Параметры комплекса:

- регистрируемый параметр: скорость смещения грунта;
- частота оцифровки: 100 отсч./сек.;
- частотный диапазон регистрации: $0.5 \div 25$ Гц;
- разрядность АЦП: 23+знак;
- динамический диапазон регистрации: не хуже 120 дБ;
- емкость флэш-карты: 2 Гб;
- срок автономности по емкости памяти флэш-карты: 14 суток.

Предэкспедиционные работы

1. Практическое освоение работы сейсмометров CMG-6TD непосредственно в НПО «Вулкан», г. Обинск, являющемся единственным поставщиком сейсмических приборов фирмы GURALP в Россию.

2. Проверка сейсмометров в лабораторных условиях (рис.1.1).



Рис.1.1 Лабораторные испытания сейсмометров CMG-6TD.

1 – сейсмометр CMG-6TD, 2 – портативный компьютер для полевого обслуживания сейсмометра; 3 – коммутационный блок; 4 – внешний винчестер для скачивания данных из внутренней памяти сейсмометра; 5 – лабораторный блок питания сейсмометра.

3. Установка сейсмометров на едином постаменте сейсмостанции «Петропавловск» для проверки записей на идентичность.

4. Подготовка аппаратуры к полевым работам: приобретение контейнеров для перевозки и хранения сейсмометров CMG-6TD, подготовка блоков батарей питания

5. Выбор точек регистрации по имеющейся геологической информации.

Полевые работы. Регистрация,

В октябре-ноябре 2008 г. в районе Долины Гейзеров работала временная микрогруппа с апертурой около 7 км из 8 временных сейсмических станций (рис.1.2). Основу составили широкополосные сейсмометры CMG-6TD.

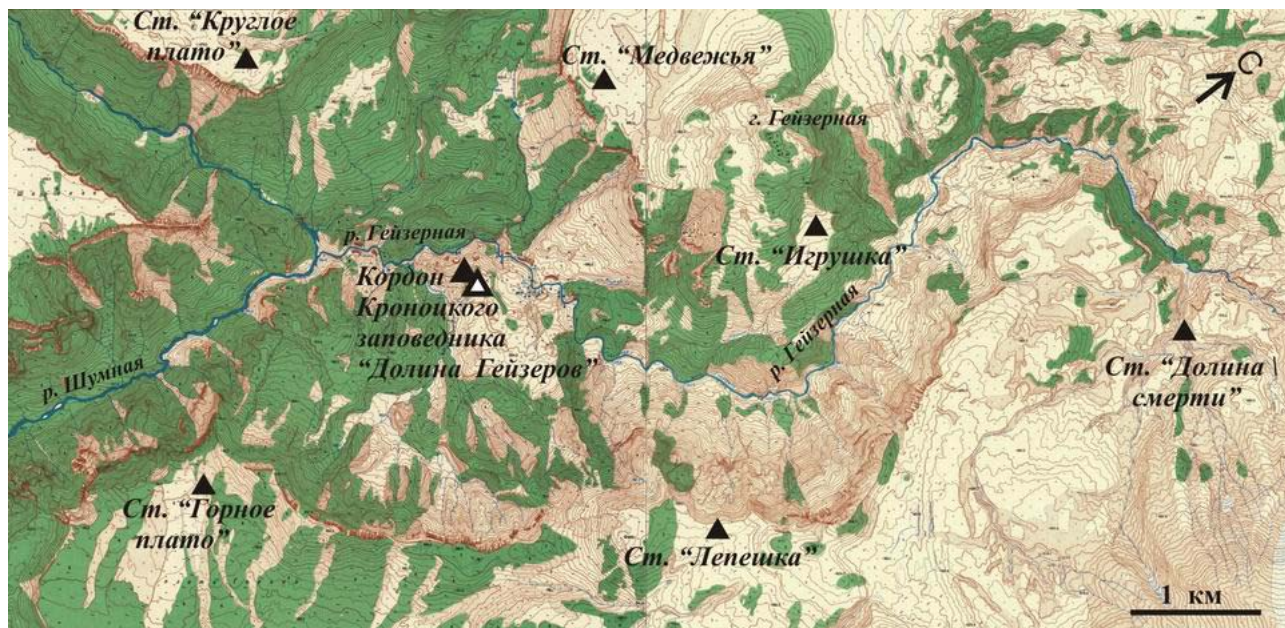


Рис. 1.2. Схема расстановки временных сейсмических станций в районе Долины Гейзеров в 2008 г. Использована топографическая карта района Долины гейзеров, составленная НИИГАиК по заказу Института вулканологии ДВО РАН на основе стереотопографической съемки 1978 г.

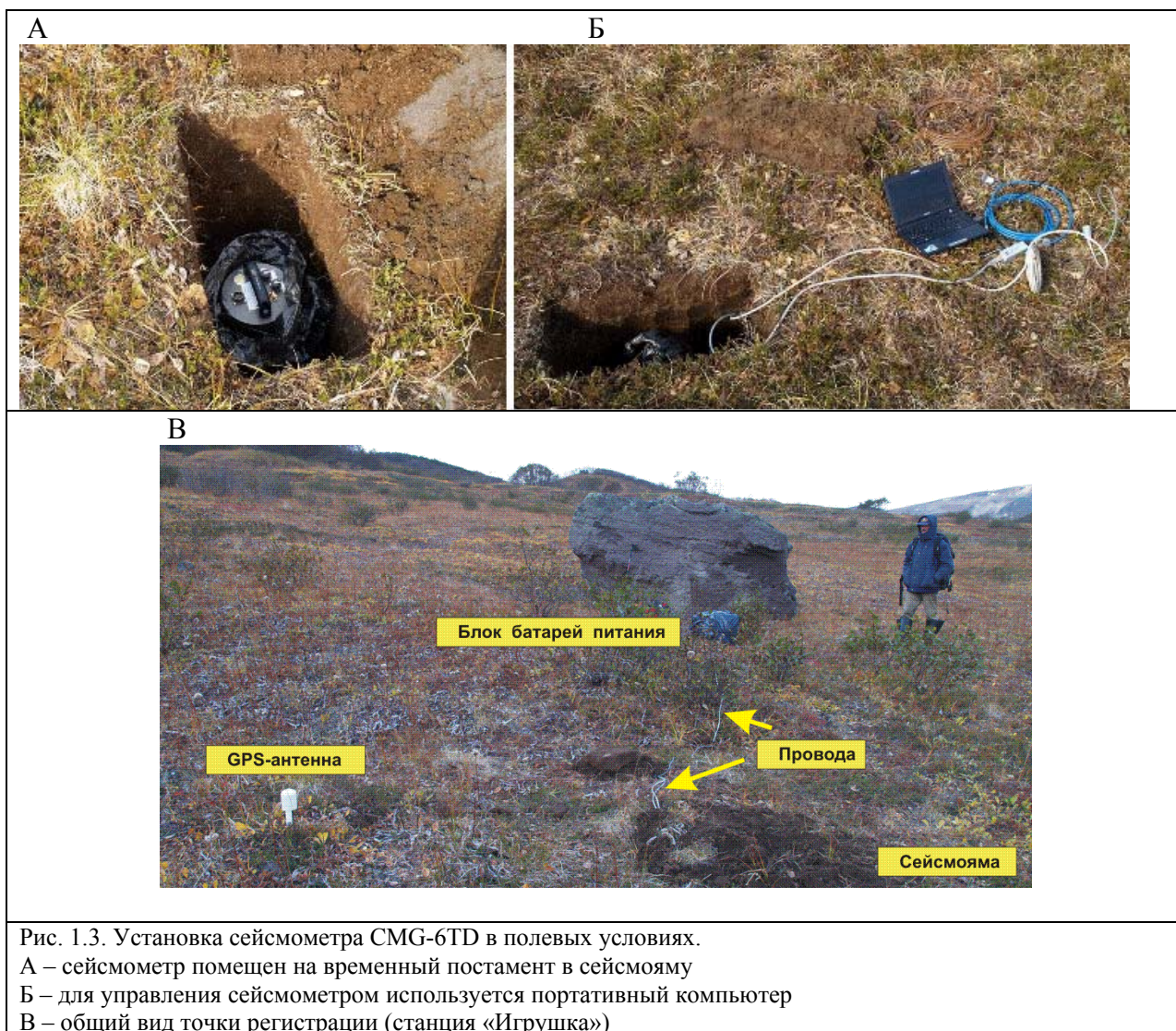


Рис. 1.3. Установка сейсмометра CMG-6TD в полевых условиях.
 А – сейсмометр помещен на временный постамент в сейсмояму
 Б – для управления сейсмометром используется портативный компьютер
 В – общий вид точки регистрации (станция «Игрушка»)

Центральная станция группы располагалась в центральной части Долины (кордон «Долина Гейзеров»), где в 2007 г. уже была проведена регистрация. Она дублировалась короткопериодным комплексом CM-3 + GSR-24. Остальные точки были вынесены на борта каньона. Микрогруппа захватила участки повышенной оползнеопасности: сопку Гейзерную, восточный борт кальдеры. Наиболее удаленный пункт наблюдений был установлен в верховьях реки Гейзерной, в Долине смерти, у подножью вулканического массива Кихпинич.

Заброска полевого отряда и аппаратуры осуществлялась вертолетом МИ-8. Полевой отряд базировался на кордоне «Долина Гейзеров» Кроноцкого государственного заповедника. Установка станций проводилась в ходе пеших радиальных маршрутов. В соответствии с руководством по установке сейсмических датчиков были подготовлены сейсмоямы, на дно которых засыпался сухой песок, на него укладывали временный сеймопостамент – строительный шлакоблок. На постамент устанавливался сейсмометр, после чего яма засыпалась землей. На поверхности оставалась GPS-антенна, соединительные провода, коммуникационный блок для связи с сейсмометром, блок батарей питания. Рис.1.3

Важной частью полевых работ явилась разработка и прохождение пешеходных маршрутов, связывающих места установки аппаратуры с кордоном «Долина Гейзеров», где базировалась экспедиция. Несмотря на незначительные линейные размеры исследуемой территории, ее сложный рельеф превращает каждый полевой выход в трудоемкое мероприятие. Поток грубообломочного материала, перегородивший Долину в результате оползня 3 июня 2007 г., еще более усложнил пешеходное перемещение в этом районе. В ходе экспедиции были опробованы и с помощью портативного GPS-приемника закартированы 6 радиальных маршрутов, безопасных и

доступных для прохождения, которые в будущем могут использоваться для обслуживания стационарных пунктов сети мониторинга. **Рис.1.4**



Рис. 1.4.

Слева: возвращение из пешеходного радиального маршрута на кордон Кроноцкого заповедника «Долина Гейзеров». Вид с восточного борта сопки Гейзерной. В правой части фотографии – новый элемент ландшафта: живописное озеро, образовавшееся в результате запруживания реки Гейзерной крупнообломочной лавиной 3 июня 2007 г.

Справа: борт кальдеры. Маршрут, огибающий крупнообломочной поток оползня и связывающий базовый лагерь со станцией «Горное плато».

Дополнительно проведено обследование территории гейзерного поля, прилежащей к гейзеритовому щиту гейзера Великан, который является наиболее значительным гейзером Долины. Выбрано несколько сухих мест, в которых возможна временная установка сейсмометра и регистрация сейсмических сигналов (**рис. 1.5**). Проведено несколько сеансов пробной записи. На рис. 1.6 приведены примеры записей фонового сейсмического сигнала в период покоя гейзера Великан. Не смотря на близкое пространственное расположение всех трех точек регистрации спектры сигналов существенно различны. Максимум интенсивности излучения в высокочастотной части спектра иллюстрирует необходимость увеличения дискретности записи при работе непосредственно на гейзерном поле. Высокий уровень микросейсм является особенностью сейсмического сигнала в зоне разгрузки высокотемпературной гидротермальной системы. Работы выполнены для планируемого исследования «Сейсмический портрет гейзера Великан».



Рис. 1.5. Извержение гейзера Великан. Места регистрации сейсмических сигналов отмечены точками.

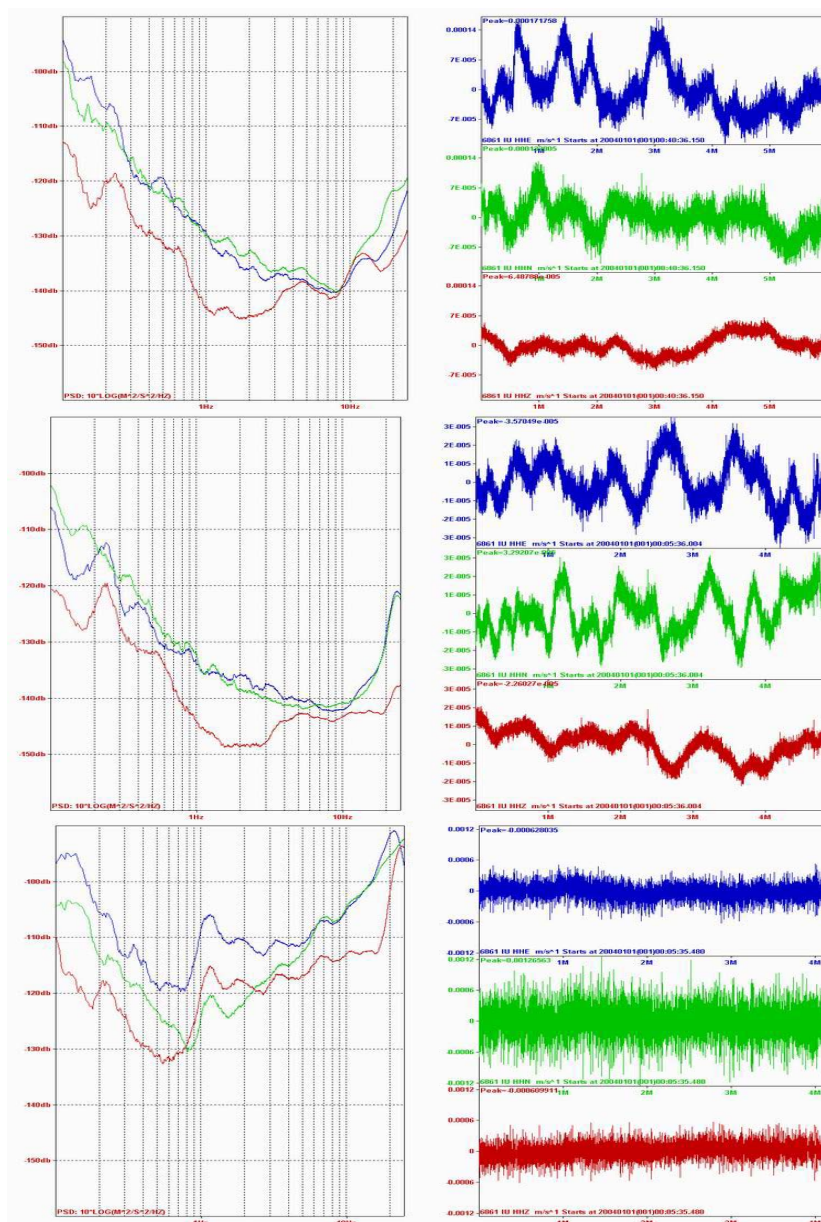


Рис. 1.6. Примеры записей и спектров фоновой сейсмической сигнала в трех точках, доступных и пригодных для установки сейсмометра, около гейзера Великан (гейзер находится в фазе покоя). Синий – канал «запад-восток», зеленый – канал «север-юг», красный – вертикальный канал. Две первых точки регистрации имеют схожий характер записи и спектров. Третья, хотя и находится между ними, отличается значительно более высокой интенсивностью сейсмического излучения во всем диапазоне спектра. Это связано с влиянием небольшого постоянно кипящего термопроявления, около которого был установлен датчик.

Проблемы организации автономных наблюдений на территории Кроноцкого биосферного заповедника

Долина Гейзеров расположена на территории Кроноцкого государственного биосферного заповедника. С 1996 г. наряду с другими особо охраняемыми территориями Камчатки она входит в состав комплексного объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Вулканы Камчатки».

Режим особо охраняемой территории подразумевает отсутствие любых антропогенных воздействий на природу. Проведение сейсмологических наблюдений и все действия, необходимые для установки датчиков в грунт, были заранее согласованы с администрацией заповедника. Описанная выше схема установки сейсмометров обеспечила минимальное воздействие на окружающую среду, однако аппаратура осталась практически незащищенной.

Это привело к значительным неприятностям. На большинстве регистрирующих точек наблюдались следы посещения их животными: от надорванного защитного полиэтилена до

многократно перевернутых и значительно перемещенных блоков батарей питания, вес которых превышает 15 кг. На станции в районе Долины Смерти был перекушен кабель GPS-антенны, а саму антенну найти так и не удалось. Станция на восточном склоне сопки Гейзерной была практически уничтожена: сейсмометр выворочен на поверхность, разорваны провода, следы зубов хищника остались на GPS-антенне и пластиковом транспортировочном контейнере для сейсмометра. Станция была досрочно снята и требует ремонта на уровне изготовителя. На сейсмических записях легко идентифицируются сигналы, связанные с посещением станций крупными представителями биоразнообразия, что само по себе достаточно интересно. Однако потери данных и повреждение аппаратуры не внушают оптимизма.

Таким образом, появление на территории заповедника незнакомых предметов и аппаратуры является фактором беспокойства для животных. Реакция колеблется от безобидного любопытства до агрессивного поведения, при этом высока вероятность отключения питания станций, потеря информации, поломки аппаратуры. В таких условиях проведение на территории заповедника любых автономных инструментальных наблюдений без применения сооружений, защищающих аппаратуру, нецелесообразно. Необходимо в дальнейшем при планировании сейсмологического и любого геофизического мониторинга специально заниматься этой проблемой, согласовывая защитные конструкции с руководством заповедника.

Некоторые предварительные результаты

В ходе полевых работ 2007-2008 гг. получены первые многоканальные сейсмологические записи из района Долины Гейзеров. Применение современных цифровых средств регистрации обеспечило высокое качество полученного материала. Полное отсутствие антропогенных помех позволяет регистрировать здесь широкий набор естественных сигналов: локальные, региональные и удаленные землетрясения (рис. 1.7-1.9), микросейсмическое излучение, неструктивную активность гидротермальной системы.

Первые результаты обработки данных 2008 г. иллюстрируют пригодность выбранных точек наблюдения для организации долговременных пунктов. Спектры сигналов характеризуются разнообразием, но по уровню фонового микросейсмического излучения соответствуют мировым требованиям.

Результаты наблюдений будут использованы для обоснования целесообразности дальнейшего исследования этого района. В частности, выбранные точки наблюдений, на которых проведена пробная регистрация, могут быть рекомендованы в качестве пунктов для долговременного сейсмического мониторинга.

Для организации стационарной сейсмической станции наиболее подходящим местом представляется территория, примыкающая к кордону «Долина Гейзеров» Кроноцкого заповедника.

Подготовлен проект создания сейсмической микрогруппы в комплексе с пунктами GPS-мониторинга в районе Долины Гейзеров.

Результаты сейсмологических исследований 2007-2008 гг. в Долине Гейзеров были использованы в следующих докладах:

Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А. Возобновление временных полевых сейсмологических наблюдений на Камчатке // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Третьей международной сейсмологической школы. Кисловодск, 20-24 октября 2008 г. Обнинск: ГС РАН, 2008. С. 171-175.

Kugaenko Yu. Seismic observation in Uzon caldera and the Valley of the Geysers (Kamchatka, Russia) // The 7th General Assembly of Asian Seismological Commission. 24-27 November 2008. Program and Abstracts. Tokyo: Soubun Printing Cj., 2008. P. 150.

Kugaenko Yu. Geodynamic processes as the risk factor of June 3, 2007 landslide in the Valley of the Geysers (Kamchatka, Russia) // Proceedings of the First World Landslide Forum. 18-21 November 2008, Tokio, Japan. Parallel Session Volume. P.

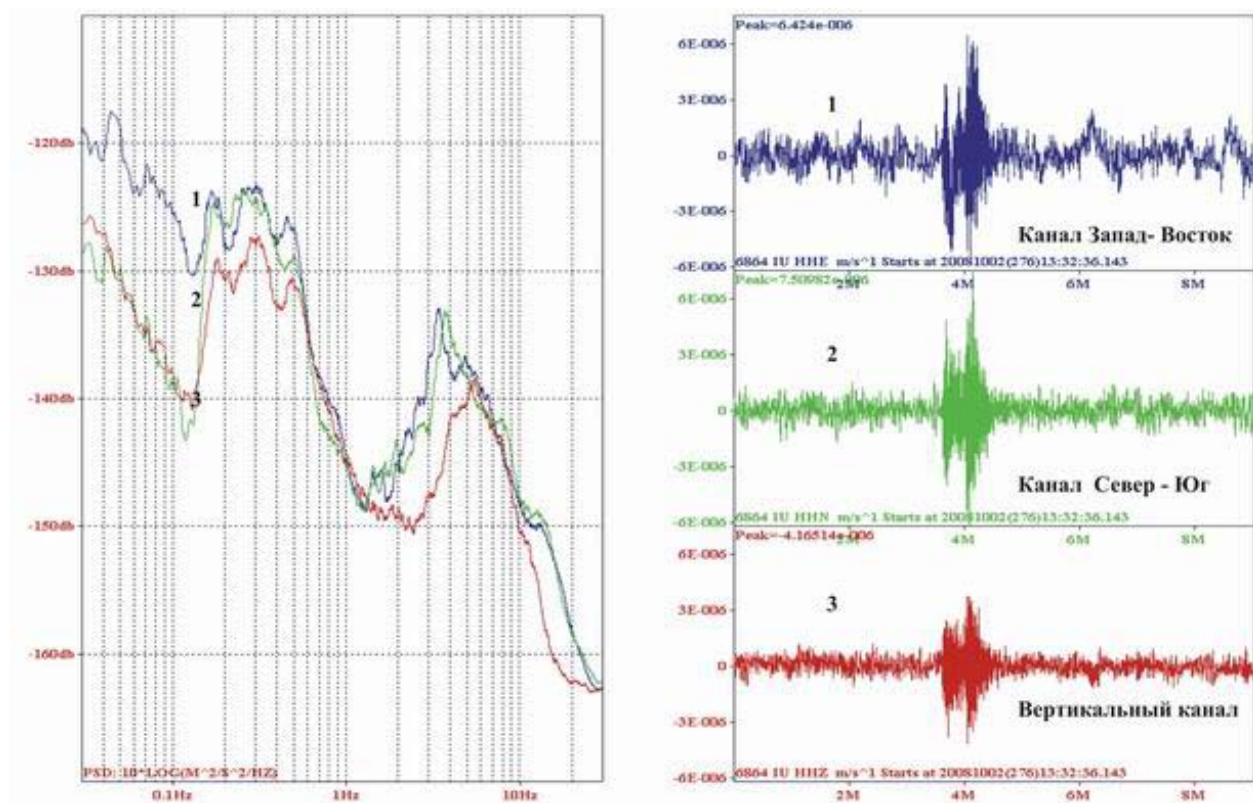
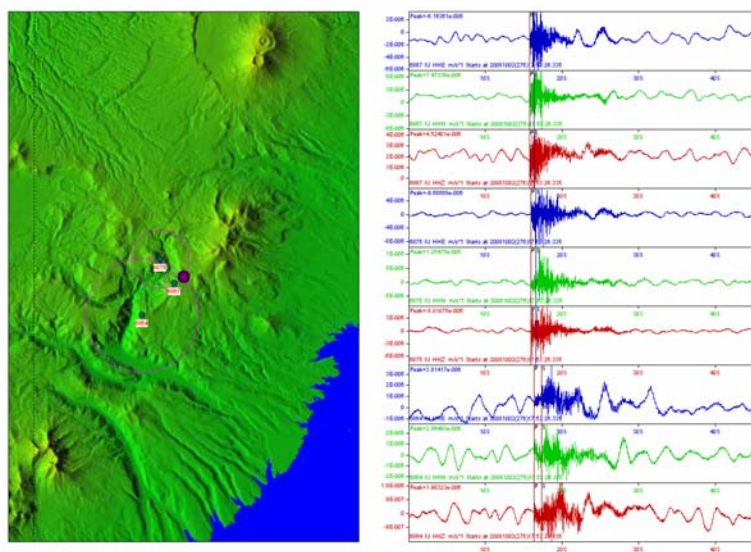
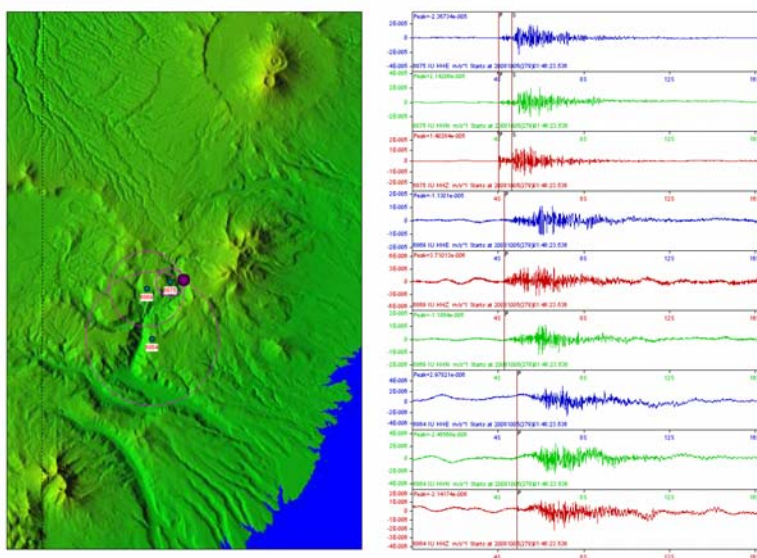


Рис.1.7. Пример сейсмической записи со станции «Горное плато»: региональное землетрясение (2 октября 2008 г. 13 час.35 мин. 39.7 сек., класс $K=8.7$, эпицентрального расстояния порядка 220 км) и участок фонового сейсмического сигнала. Слева приведен спектр записи. Максимум в диапазоне частот 3-5 Гц соответствует землетрясению. В диапазоне частот 0.1-0.6 Гц основной вклад в уровень сигнала вносят микросейсмы. В низкочастотной части спектра обращает на себя внимание значительное превышение интенсивности колебаний на канале «запад-восток» над двумя другими каналами. Возможно, это связано с особенностями рельефа.

A 2008.10.02 17:53:41.38 LAT= 54.442 LON= 160.185 DEP= 1.6 км



Б **2008.10.05 01:46:26.73 LAT= 54.455 LON= 160.173 DEP= 2.1 км**



В **2008.10.29 08:11:10.76 LAT= 54.437 LON= 160.120 DEP= 4.7 км**

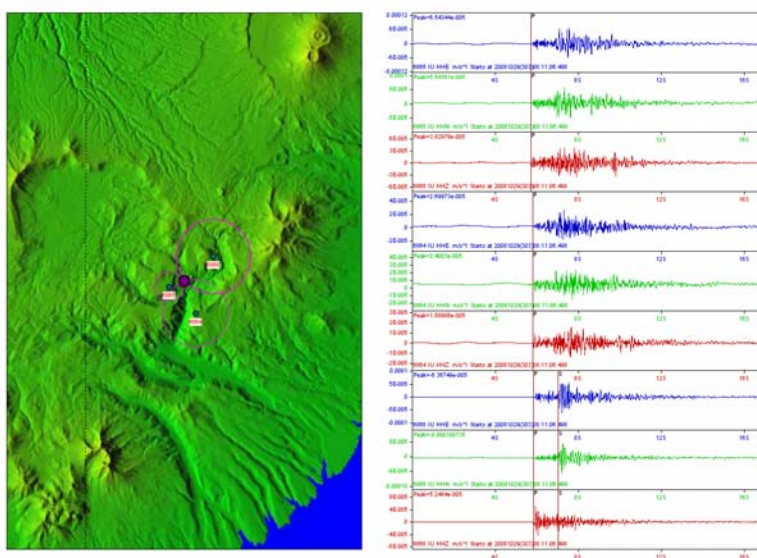


Рис. 1.8. Примеры записей локальных землетрясений, зафиксированных сейсмической микрогруппой в районе Долины Гейзеров, $T_s - p < 1$ сек. В левой части рисунков приведены предварительные результаты нахождения гипоцентров событий. Подтверждено, что в районе Долины Гейзеров проявляется сейсмическая активность низкого энергетического уровня. Для корректного определения энергетической оценки этих и других аналогичных слабых событий необходимо провести экстраполяцию используемой номограммы в область низких классов.

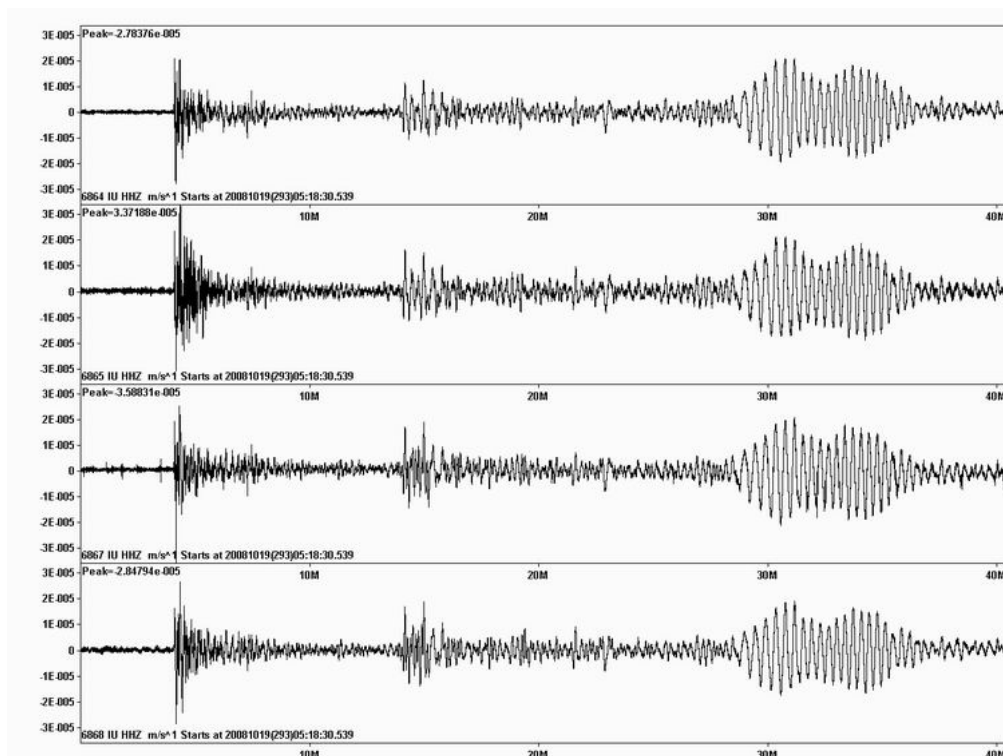


Рис. 1.9 Фрагмент записи удаленного землетрясения из района островов Тонга ($\Delta \approx 78.5^\circ$) 19-Окт-2008 05:10:33.5 lat= -22.01 lon= -173.91 depth= 33km ms: 7, mb: 7.1 (ГС РАН, Обнинск). Mw= 6.9 (Harvard)

2. Экспериментальное профилирование концентрации водорода

Необходимо сразу отметить, что проведение пешеходных маршрутов и измерение на точках ограничено большим количеством термальных площадок, котлов, гейзеров с температурой воды 96-98 град С (Рис. 2.1), правилами работ в биосферном заповеднике и техникой безопасности проведения работ при высоких температурах.



Рис. 2.1. Общий вид Долины гейзеров - участок Гейзерный

Отбор пробы и анализ концентрации водорода в пробе проводился следующим образом. Если проводились пешеходные измерения по профилю, то анализируемый воздух подавался в датчик анализатора водорода микронасосом через воздушный фильтр (силикагель). Степень насыщения силикагеля парами воды определялась изменением цвета силикагеля. Во время движения по маршруту конец шланга находился на расстоянии 1-3 см от поверхности земли с прокачкой пробы через анализатор микронасосами анализатора. Если проводился отбор пробы и

анализ на точке, то для отбора газа использовались: воронка; барботер, помещенный в емкость с холодной водой, для конденсации горячих паров воды; фильтр из силикагеля (Рис. 2.2, 2.3) Измерение температуры воды и выходов газа в точке проводилось с помощью термопары, с точностью не хуже 1 град С. Градуировка термопары проводилась стандартным методом, с помощью кипячения воды при данном атмосферном давлении.

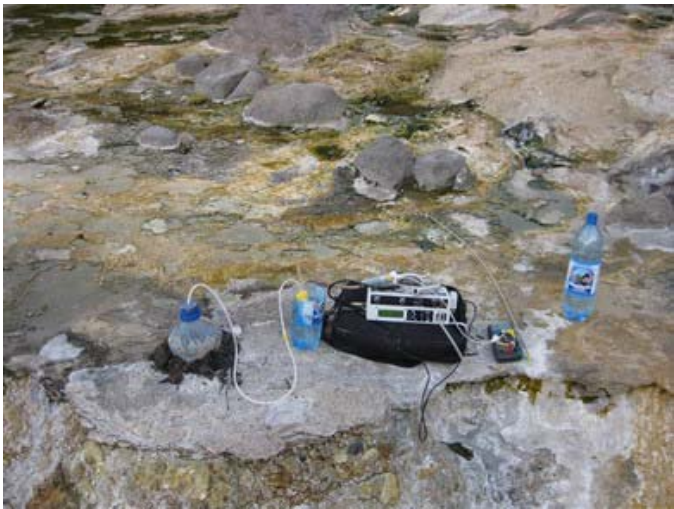


Рис. 2.2. Долина гейзеров. Отбор пробы воздуха и анализ концентрации водорода на гейзеритовом куполе



Рис. 2.3. Долина гейзеров. Отбор пробы воздуха и анализ концентрации водорода на новой термальной площадке

В Долине Гейзеров методика пешеходного водородного профилирования была аналогичной методике в Долине Смерти. Координаты пешеходного маршрута определялись с помощью GPS прибора и запоминались в памяти анализатора водорода «Маршрут», поэтому их при необходимости можно посмотреть и найти точку на карте. Данные измерений концентрации водорода и климатической камеры, через которую прокачивалась воздушная проба, каждые 10 или 2 секунды, записывались в память прибора. Значения мирового время из GPS также записывались в память прибора. Пример записи данных в регистраторе водорода без координат показан в таблице 1

Таблица 2.1.

1	2	3	4	5	6
30.09.2008	00:08:304.45	17.7	890	29	
30.09.2008	00:08:404.51	17.7	890	29	
30.09.2008	00:08:504.61	17.7	890	29	
30.09.2008	00:09:004.69	17.7	890	29	

1 – дата измерения, 2 – время измерения, 3 – величина концентрации водорода в мВ,
4, 5, 6 параметры климатической камеры, через которую прокачивается воздушная проба.
4 – температура, 5 – давление, 6 – влажность.

Для того чтобы не приводить большие табличные выкладки измерений приведем несколько примеров измерений в виде графиков.



Рис. 2.4 Долина Смерти. На заднем плане вулкан Кихпиныч

Как, отмечалось выше, в Долине Смерти (Рис. 2.4.) было сделано несколько пешеходных маршрутов. Измерения по профилям практически не показали значительных изменений концентрации водорода. Небольшие отклонения отмечались над булькающими водными поверхностями котлов. В связи с тем, что с собой не было термодатчика, температура в точках отбора пробы не определялась. Но можно предположить, что она характерна для термальных участков данного региона, т.е. 96 – 98 град С. Значительные изменения концентрации водорода, вплоть до зашкаливания показаний прибора, наблюдались в сухих точках выхода газов Долины Смерти. Результаты измерений приведены на Рис 2.5

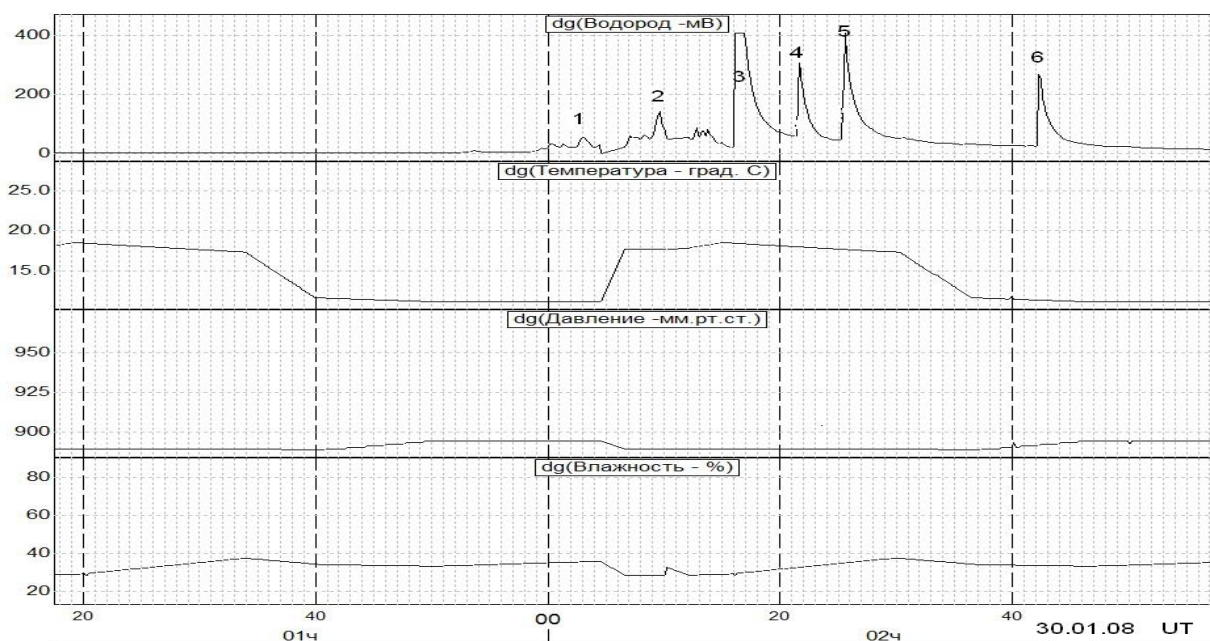


Рис 2.5 Результаты измерений концентрации водорода в Долине Смерти.

1 канал – изменение концентрации водорода в мВ,

2, 3, 4 – параметры климатической ячейки регистратора: температуры, давления, влажности.

Трассирование Долины Смерти показало, что, при хорошей безветренной погоде, концентрация водорода над поверхностью земли находится в пределах воздушного фона, которому соответствует показание прибора = 005.1 мВ. Над булькающей водной поверхностью котлов (пики 1 и 2) наблюдается увеличение концентрации водорода в воздушной пробе относительно фоновых значений. Наиболее заметное увеличение концентрации водорода отмечается в сухих точках отбора первого участка термального поля (пики 3, 4, 5) и второго участка термального поля Долины Смерти (пик 6).

Водородное пешеходное профилирование Долины Гейзеров также не показало отклонений концентрации водорода от фоновых над поверхностью земли. Для краткосрочного мониторинга водорода были выбраны точки, представленные грязевыми вулканчиками или булькающими отверстиями на гейзеритовых или глинистых термальных полях. Измерение температуры в точках отбора и анализа пробы проводилось термопарой с точностью до 1 град С. (Рис. 2.6). Наибольшая температура = 105 град С была отмечена в грязевом вулканчике (Рис. 2.7.) вновь образованного термального участка на краю селевого потока. Участок представлен разноцветной зыбучей глиной с множественными выходами булькающей и шипящей горячей воды и жидкой глины.



Рис. 2.6. Пример определения температуры на новой термальной площадке



Рис. 2.7. Долина Гейзеров. Глиняный вулканчик на новой термальной площадке.

Сложность проведения мониторинга на выбранных точках заключалась в том, что после очередного дождя или циклона практически вся обстановка и условия предыдущих измерений менялись, в связи с насыщением почвы дополнительной порцией воды. Это понижало T на несколько градусов С и слегка изменяло обстановку на термальном участке. Звуковой фон

шипения, кипения, бульканья на термальном участке становился значительно выше, чем до дождя. Через некоторое время происходило восстановление температурного режима и звукового фона.

Результат мониторинга концентрации водорода над вулканчиком (Рис. 2.7), из булькающей жидкой глины, показан на Рис 2.8. Ранее над этим вулканчиком была зафиксирована температура = 105 град. С.

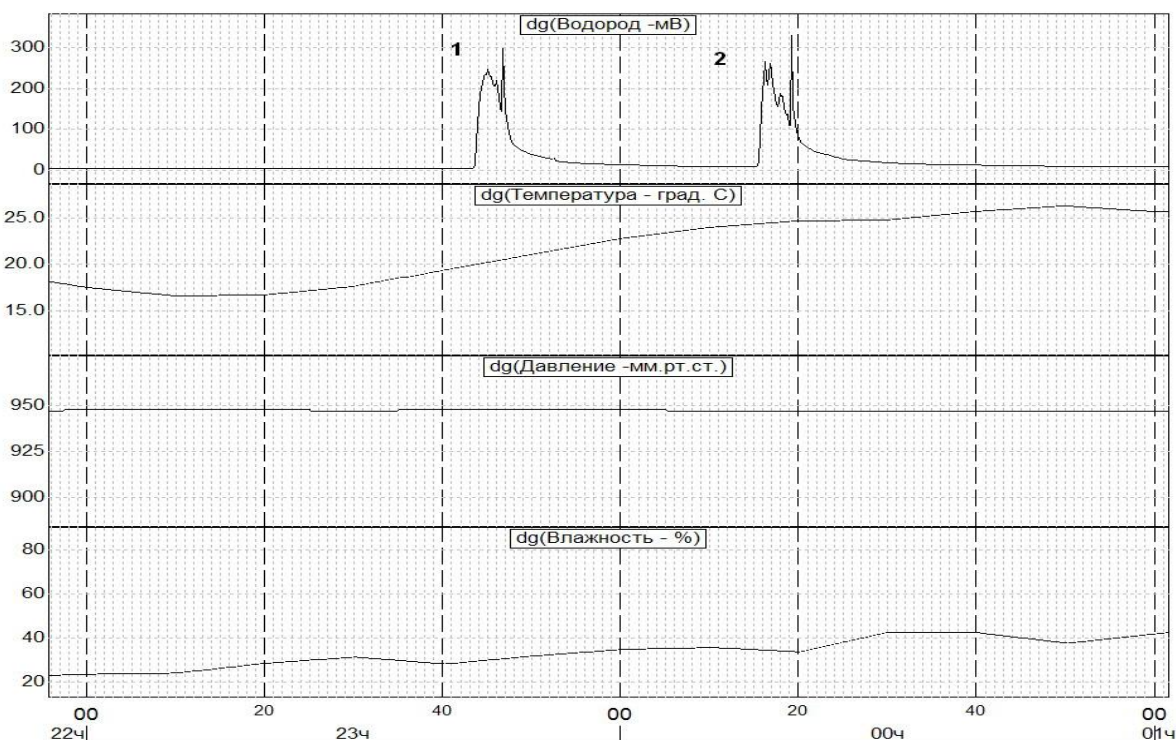


Рис 2.8. Результаты измерений концентрации водорода над вулканчиком из булькающей горячей жидкой глины.

Выводы к разделу 2.

Как показали проведенные измерения в Долине Смерти и Долине Гейзеров, пешеходное трассирование не показало существенных изменений концентрации водорода и наличия радиоактивности по маршрутам. Исходя из геологического описания Долины Гейзеров и Долины Смерти (1, 2), толщи пропилитизированных глинистых пород в десятки и первые сотни метров, хорошо перекрывают любые тектонические разломы разных рангов. Эти породы являются хорошим непроницаемым барьером для глубинных рассеянных газов. Миграция высокотемпературных газов от предполагаемого корового магматического очага, расположенного под вулканом Кихпиньч, происходит по трещинам, в которых на определенной глубине происходит взаимодействие метеорных вод с высокотемпературными газами, что и определяет температуру и гейзерные процессы Узон–Гейзерной депрессии.

Содержание радона, измеренное в нескольких точках жилого помещения, показали величины ниже порога срабатывания детектора-индикатора радона КВАРТЕКС РД5400, т.е. меньше 100 Бк/м³. Многие страны приняли концентрацию радона в воздухе внутри помещений, равную 200-400 Бк/м³, в качестве предельно допустимой концентрации или контрольного уровня. При показаниях выше этого уровня необходимо было бы принимать меры по снижению концентрации радона в домах.

Необходимо отметить явления, которые были зафиксированы во время данных краткосрочных работ:

- отмечены парогазовые выходы с температурой до 105° С на термальном участке на краю сошедшего селя. Эти температуры фиксировались в приповерхностных участках парогазовых выходов в первых см от границы с атмосферой. Подобных температур на старых термальных площадках не зафиксировано. Для того чтобы объяснить повышение температуры на выходах

парогазовых струй, которое наблюдается на некоторых точках, и не обнаружено вне нового термального участка, необходимо провести дополнительные работы;

- в этих аномальных парогазовых выходах наблюдается изменение температуры во времени, т.е. утром температура выше, чем в обед или вечером на 5 – 6 градусов С. Непрерывный суточный мониторинг этих температур и концентрации водорода провести не удалось;

- в Долине Смерти в необводненных точках выходов газа содержание водорода значительно выше, чем в повсеместно обводненных парогазовых выходах Долины Гейзеров;

- по мере углубления термопары в трещину, заполненную жидкой глиной до 75 см, температура понижалась до 88 С, что не замечено на старых термальных участках. Там с глубиной температура воды практически не изменялась;

- после очередного циклона с дождем, температура в кипящих глиняных вулканчиках и отверстиях уменьшалась на 5 -6 С, а в котлах на 2 -3 С. На старых термальных участках это уменьшение составляло не более 1-2 С.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что организация автономной автоматизированной точки мониторинга за водородом и другими газами в Долине Гейзеров интересна, но потребует больших финансовых затрат на ее обслуживание и будет трудоемкой, особенно в зимний период. Синхронные измерения суточных изменений температуры и концентрации водорода на аномальных точках в Долине Гейзеров провести необходимо для того, чтобы попытаться понять поведение гидротермальной системы во времени и объяснить повышение температуры над некоторыми парогазовыми выходами термального участка на краю селевого потока. Для этого необходимо провести однотипные синхронные наблюдения на Гейзерном термальном поле и термальном участке, на краю селевого потока.

Литература.

- 1- Белоусов В.И., Гриб Е.Н., Леонов В.Л. Геологические позиции гидротермальных систем Долины Гейзеров и кальдеры Узон. В и С 1983, №1, с .65 -79
- 2- « Действующие вулканы Камчатки». Москва. Наука. 1991. 413 стр